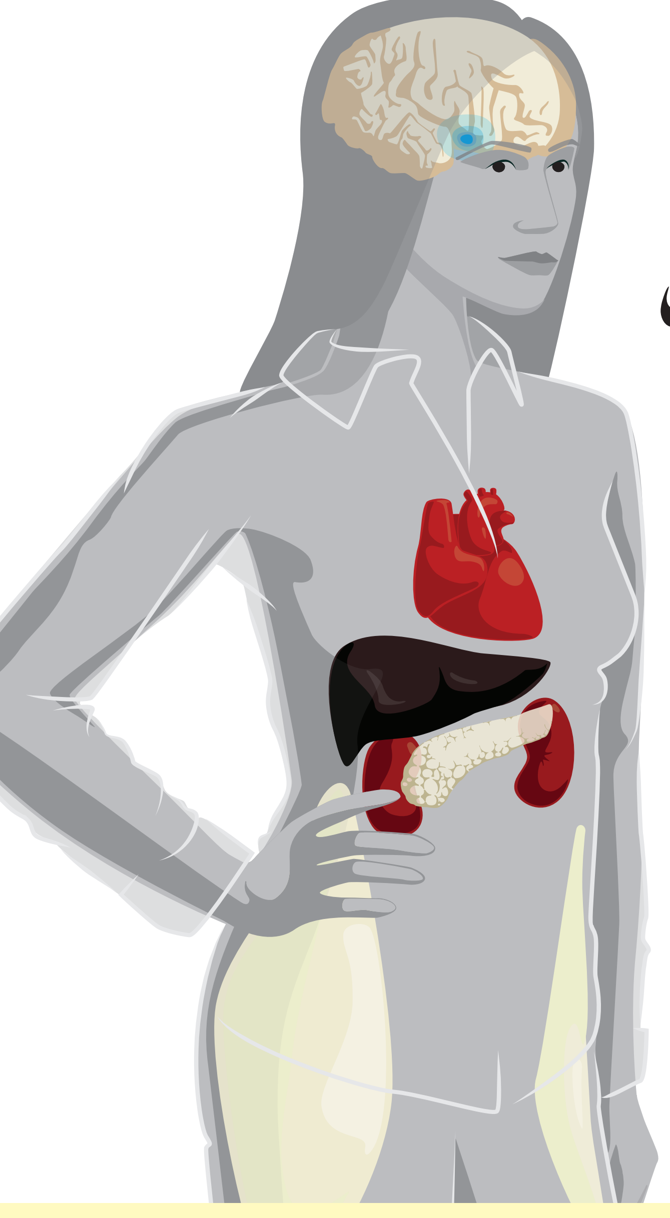
المجلد 31 ـ العددان 8/7
يوليو/ أغسطس 2015

SCIENTIFIC
AMERICAN
July / August 2015



الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر في دولة الكويت منذ عام 1986 عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي



الساعات في داخلنا



منشأ الديناصورات الشرسة



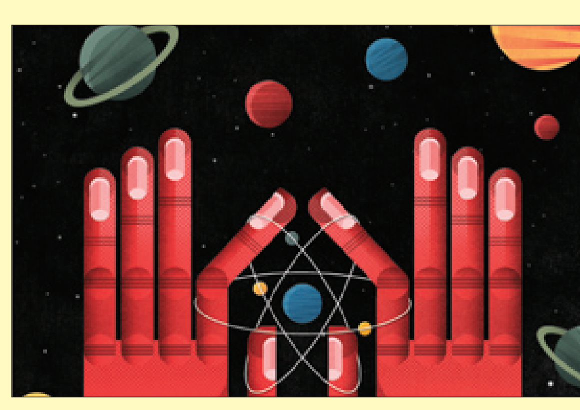
الألم المُزمِن



كيف تنجو من حرب إلكترونية

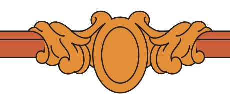


انقشاع لعنة داء ألزهايمر



الغِراء الذي يربط مكوناتنا معا

العددان 327/ 328 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

جائزة الكويت لعام 2016

دعوة للترشيح

تمشـيا مع أهداف مؤسســـة الكويت للتقدم العلمي، وتحقيقا لأغراضها في تدعيم الإنتاج العلمي وتشجيع العلماء والباحثين العرب، تقوم المؤسســـة بتخصيص جوائز في مجالات العلوم والآداب والفنون، وذلك وفق برامجها الســنوية. وتسجل المؤسسة مــن خــلال هذه الجوائز اعترافها بالإنجازات الفكرية المتميزة التي تخدم التقدم العلمي وتفتح الطريق أمام الجهود المبذولة لرفع المستوى الحضاري في مختلف الميادين.

وموضوعات جائزة الكويت لعام 2016 هي في المجالات الأربعة الآتية:

1 - **العلـوم الأسـاسـية**: الفيزياء. Physics.

2 - **العلـوم التطبيقية**: الغذاء والزراعة. Food and Agriculture.

3 - **العلـوم الاقتصادية والاجتماعية**: العلوم المالية والمصرفية. Banking and Finance.

4 - **الفنـون والآداب**: دراسات في الفنون التشكيلية والمسرحية والموسيقية. Studies in the Fine and Performing Arts and Music.

تقدم المؤسســـة ســنويا في كل مجال من هذه المجالات جائزة مقدارها 40 000 د.ك (أربعون ألف دينار كويتي) إلى واحد أو أكثر من أبناء دولة الكويت والبلاد العربية الأخرى، كما تقدم المؤسسة مع الجائزة النقدية ميدالية ذهبية ودرع المؤسسة وشهادة تقديرية، علما بأن مواضيع مجالات الجائزة تتغير من عام إلى آخر.

ويتم منح جائـزة الكويـت وفق الشروط الآتية :

(1) أن يكون المتقدم عربي الجنسية ولديه ما يثبت منشأه العربي، من خلال شهادة ميلاد في بلد عربي أو جواز سفر عربي صالح، ويرفق مع طلب التقدم ما يثبت ذلك.

(2) أن يكون الإنتاج مبتكرا وذا أهمية بالغة بالنســبة إلى الحقل المقدم فيه ومنشــورا خلال السنوات العشرين الماضية. ويشمل الإنتاج العلمي ما يلي : أبحاثا منشـــورة أو مقبولة للنشـــر في مجلات علمية محكمة وكتبا مؤلفة أو مترجمة أو محققة أو فصلا منشورا في كتاب على أن يتمتع الكتاب بترقيم دولي معتمد (ISSN)، ولا تدخل أبحاث رسائل الماجستير والدكتوراه في تقييم الإنتاج العلمي للمرشح.

(3) تَقبل المؤسسة ترشيحات الجامعات والهيئات العلمية، كما يحق للأفراد الحاصلين على هذه الجائزة ترشيح من يرونه مؤهلا لنيلها، ولا تُقبَل ترشيحات الهيئات السياسية.

(4) تقبل المؤسسة طلبات المتقدمين من تلقاء أنفسهم على أن يكون تقديمهم مشفوعا بقائمة تضم أربع شخصيات أكاديمية أو بحثية ومؤسسة علمية، وستخاطب المؤسسة ثلاثا من هذه القائمة لتقديم خطابات تزكية للمتقدم.

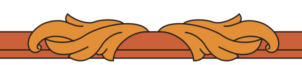
(5) قرارات مجلس إدارة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي نهائية ولا يجوز الاعتراض عليها.

(6) تعبئــة طلب التقدم للجائزة، ويُرســل مع جميع أعمال المتقدم إلكترونيا، ويمكــن الحصول على طلب التقدم من خلال الموقع الإلكتروني للمؤسسة www.kfas.org.

(7) يرسل الطلب مع الأعمال وفق ملفات PDF، إما بواسطة وسيلة التخزين Flash Memory، على العنوان الآتي:
مؤسســة الكويت للتقدم العلمي – الشــرق شارع أحمد الجابر – التليفون المباشــر: 0096522270465 أو بواسطة مواقع خدمات التخزين السحابية مثل (Google drive - Dropbox - OneDrive) وترسل عبر البريد الإلكتروني إلى مكتب الجوائز prize@kfas.org.kw.

(8) تقبل الترشيحات حتى **2016/3/31**.

للاستفسار بشأن الجائزة يرجى الاتصال بالرقم الآتي: 22270465 فاكس: 22270462
أو البريد الإلكتروني لمكتب الجوائز : prize@kfas.org.kw





الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر في دولة الكويت منذ عام 1986 عن
مـؤسسة الـكويت للـتقدم الـعلمي

المجلد 31 ـ العددان 8/7 (2015)
328/327

شارك في هذا العدد

سعيد الأسعد
عدنان الحموي
زياد درويش
مروان الدمشقي
سليم الذكي
قاسم سارة
محمد شعيرة
نضال شمعون
محمد صفدي
فؤاد العجل
نوار العوا
فوزي عوض
ميساء قابيل
أحمد الكفراوي
يوسف محمود
خالد مصطفى

مراسلات التحرير توجه إلى: **رئيس تحرير العلوم**
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق – الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
بريد إلكتروني: oloom@kfas.org.kw – موقع الوِب: www.oloommagazine.com
هاتف: 22428186(965+) – فاكس: 22403895(965+)

الإعلانات في الوطن العربي يتفق عليها مع قسم الإعلانات بالمجلة.

Advertising correspondence from outside the Arab World *should be addressed to*
SCIENTIFIC AMERICAN 415, Madison Avenue, New York, NY 10017 - 1111
Or to *MAJALLAT AL-OLOOM, P.O.Box 20856 Safat, Kuwait 13069 - Fax. (+965) 22403895*

سعر العدد

الأردن	1.800	دينار	السودان	5.4	جنيه	الكويت	1.500	دينار	Britain	£	4
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	2765	ليرة	Cyprus	CI	2.5
البحرين	1.800	دينار	الصومال	1497	شلن	ليبيا	1.7	دينار	France	€	6
تونس	2.5	دينار	العراق	1964	دينار	مصر	7	جنيه	Greece	€	6
الجزائر	105	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	Italy	€	6
جيبوتي	206	فرنك	فلسطين	1.25	U.S $	موريتانيا	889	أوقية	U.S.A.	$	6
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	Germany	€	6

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
■ للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
■ للأفراد	16	56
■ للمؤسسات	32	112

ملاحظة: تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

مراكز توزيع العلوم في الأقطار العربية

بوساطة: المجموعة الإعلامية العالمية – دولة الكويت

● **الإمارات:** شركة أبوظبي للإعلام – أبوظبي ● **البحرين:** مؤسسة الأيام للنشر – المنامة ● **تونس:** الشركة التونسية للصحافة – تونس ● **السعودية:** الشركة الوطنية الموحدة للتوزيع – الرياض ● **سوريا:** المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات – دمشق ● **عُمان:** مؤسسة العطاء – مسقط ● **فلسطين:** شركة رام الله للتوزيع والنشر – رام الله ● **قطر:** شركة دار الثقافة – الدوحة ● **الكويت:** المجموعة الإعلامية العالمية – الشويخ، المنطقة الحرة ● **لبنان:** مؤسسة نعنوع الصحفية للتوزيع – بيروت ● **مصر:** الأهرام للتوزيع – القاهرة ● **المغرب:** الشركة العربية الإفريقية – الرباط ● **اليمن:** القائد للنشر والتوزيع – صنعاء.

بزيارة **موقع المجلة www.oloommagazine.com** يمكن الاطلاع على مختلف إصدارات **العلوم** اعتبارا من العدد 1995/1، كما يمكن الاطلاع على قاموس مصطلحات **العلوم** منذ نشأتها باتباع التعليمات الواردة على الصفحة الرئيسية للموقع.

يمكن تزويد المشتركين في **العلوم** بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها إلى عام **2005**. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:

1- اختر Settings من start ثم اختر Control Panel
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and Formats ثم اضغط OK


المجلد 31 العددان 8/7
يوليو/ أغسطس 2015
Majallat AlOloom

المقالات

ترجمة أو مراجعة

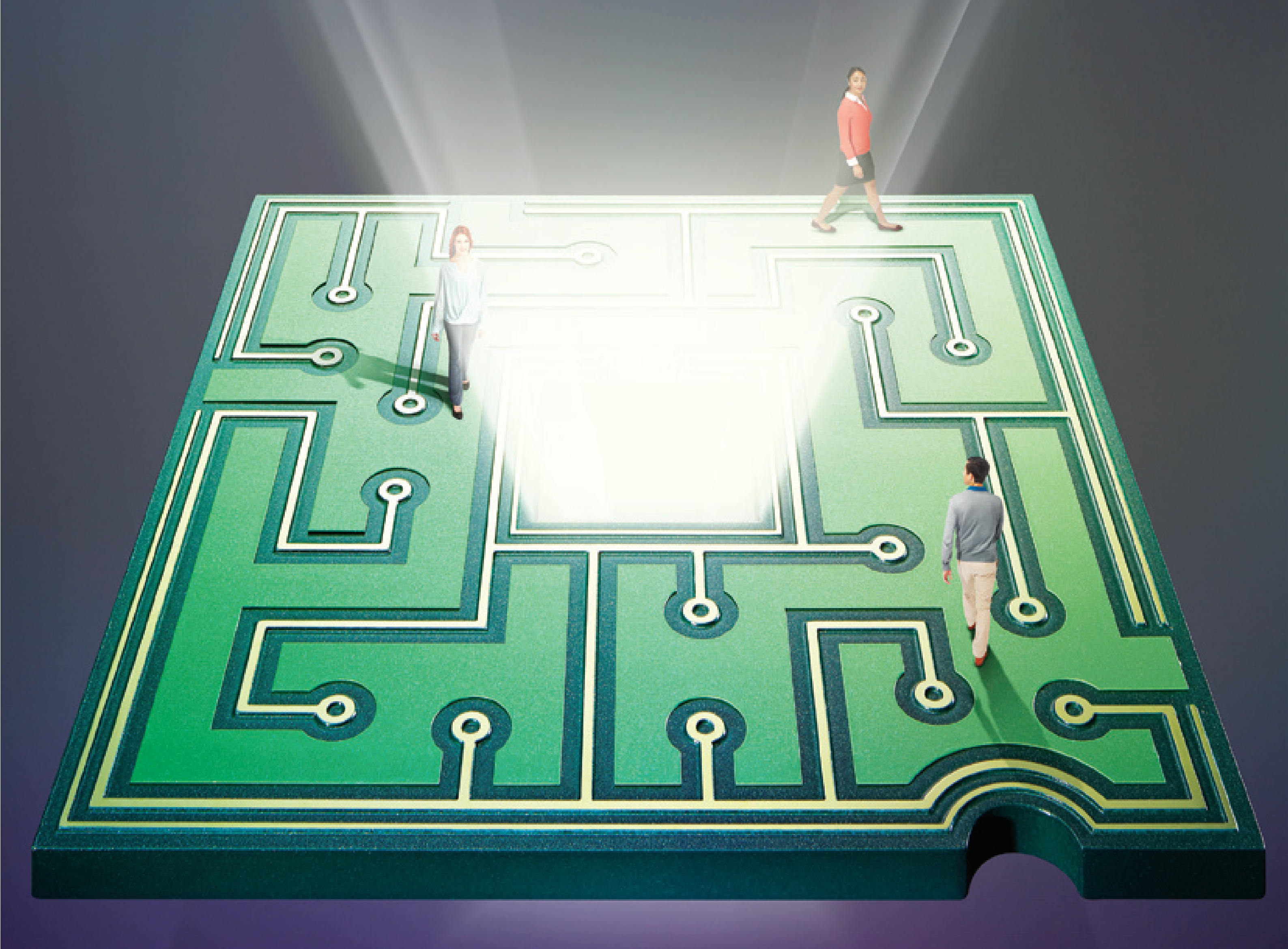
«***مجلة العلوم***» تصدر شهريًا في الكويت منذ عام 1986 عن «**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. و«مجلة العلوم» هي في ثلثي محتوياتها ترجمة لـ«***ساينتفيك أمريكان***» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسعى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكين القارئ غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقانية، وتوفير معرفة شمولية للقارئ المتخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «***ساينتفيك أمريكان***» بثماني عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة وباستخدامها القيّم للصور والرسوم الملونة والجداول.

Majallat AlOloom

المجلد 31 العددان 8/7
يوليو/ أغسطس 2015

مجلة العلوم

البحث عن حاسوب جديد(*)



مع نهاية قانون ‹مور› المنظورة، ينفق منتجو الشيپات (رقاقات الحاسوب)(1) البلايين لاستحداث تقانات حوسبة جديدة.

‹د. پاڤلاس›

في غرفة اجتماعات ضيقة وعديمة النوافذ بمقر قيادة الأبحاث والتطوير (R&D)، في الشركة Intel، وهي المصنع المهيمن في مجال أشباه الموصِّلات semiconductors والمعالجات الميكروية (الصِّغرية) microprocessors، يشرح <M. بور> [مدير بنيان وتكامل العمليات] بهدوء كيف أن قانون <مور> Moore's Law، الذائع الصيت، قد انتهى منذ مدة. وقد يبدو الأمر مفاجئا، ولاسيما أن <بور> يعمل بحرفية والتزام في مجال قانون <مور>. إذ ينص عمله على اكتشاف طريقة لجعل ترنزستورات الشركة Intel الحالية، وهي من مقاس 14 نانومتراً، أصغر بمرتين خلال العقد القادم. ولكن <بور>، ومن خلف نظاراته الدائرية، لم يكن مازحا: «ينبغي أن ندرك أن حقبة التغيير التقليدي لمقاس الترنزستورات، التي تنص على أخذ البنية والمواد الأساسية ذاتها وجعلها أصغر حجما، قد وَلَّت منذ نحو عشر سنوات.»

في عام 1965، نشر <G. مور> [مدير البحث والتطوير (R&D) في الشركة Fairchild لأشباه الموصِّلات] وثيقة بالعنوان الصادم «حشر المزيد من المكونات في الدوائر المتكاملة». وتنبأ <مور> آنذاك بأن عدد الترنزستورات المكن تجميعها في شيپة بتكلفة مثالية، سيتضاعف كل عام. وبعد عقد من الزمن، قام بمراجعة ذلك التنبؤ ليصبح ما عرف لاحقا باسم قانون <مور>: كل عامين سيتضاعف عدد الترنزستورات المجمعة في **شيپة حاسوب**[٢].

وتمكن الدوائرُ المتكاملة الحواسيبَ من العمل. ولكن قانون <مور> يسمح لها بالتطور. ولما كانت الترنزستورات هي بمثابة «**الذرات**» atoms في **الحوسبة الإلكترونية**[٣] - أي **القواطع الدقيقة** tiny switches التي **تكوِّد** encode كلاً من **الوحدان والأصفار** (1&0's) في أي ذاكرة حاسوبية وأي دائرة **منطقية**[٤] إلى فرق في القلطية - فإذا ضاعفتَ عدد الترنزستورات المكن وضعها في **الفضاء المادي**[٥] نفسه، يمكنك مضاعفة كمية الحوسبة المكن تحقيقها وبالتكلفة ذاتها. لقد أتاح **المعالج الميكروي (الصِّغري)** microprocessor، الأول من قبل الشركة Intel، 8080 المستخدم في كافة الأغراض، إطلاق ثورة **الحواسيب الشخصية** (PC) عند إصداره في عام 1974. وقد احتوت **شريحة** wafer تشبه قضيب الحلوى والتي لا يتجاوز طولها بوصتان، على 4500 ترنزستور. وحتى تاريخ كتابة هذه السطور، تحتوي كل واحدة من **وحدات المعالجة المركزية** (CPUs)[٦] **للمُخدِّمات العالية الأداء**[٧] من الشركة Intel، وهي الشيپات الأعلى كثافة المتاحة تجاريا، على 4.5 بليون ترنزستور. وتستطيع عمليات التصنيع الأحدث للشركة Intel والمتاحة في **منشآت الإنتاج** (fabs)[٨] المقامة في Hillsboro في Ore، **حفر سمات**[٩] صغيرة من رتبة 14 نانومتراً ضمن شريحة السيلكون. ويمثل ذلك حجما أدق من **سوط البكتيريا**[١٠]. فقد حوّل النمو الأسي في كثافة الترنزستورات آلات الحوسبة التي كانت بحجم الغرفة والمعتمدة على الأنابيب المفرغة، في أواسط القرن العشرين، إلى أعجوبة سيلكون مصغرة في بداية القرن الحادي والعشرين.

ومع ذلك، يمكن لقانون <مور> الوصول إلى الإشباع بحسب قوانين الفيزياء - وخلال عقد لن يكون من المكن الحفاظ على هذا الإيقاع غير المسبوق من التصغير. ولهذا

(*) THE SEARCH FOR A NEW MACHINE أو: «البحث عن آلة جديدة».
(١) chipmakers؛ منتجو الشيپات.
(٢) computer chip
(٣) electronic computation
(٤) logic
(٥) physical space
(٦) central processing units
(٧) high-performance servers
(٨) fabrication facilities
(٩) etch features
(١٠) bacterium flagellum

باختصار

يعتمد **التقدم في الحوسبة** على قانون <مور>، والذي ينص على أن عدد الترنزستورات في شيپة (رقاقة حاسوب) يتضاعف كل عامين. ولكن يمكن للترنزستورات أن تصبح صغيرة جدا قبل أن يصطدم المهندسين بمحددات قوانين الفيزياء، ولم تعد هذه اللحظة بعيدة.

وبنتيجة ذلك، ينفق مصنعو الشيپات البلايين لتطوير بنى حوسبة وتصميمات معالجات جديدة كليا، يعتمد بعضها على مواد جديدة. وأصبحت الأفكار البحثية التي طالما درست في المخابر تتابع الآن متابعة حثيثة مدفوعة بحمى تجارية.

ومن المبكر جدا تحديد الإعلان عن التقانات التي ستبرز كرابح. وينص الناتج الأكثر احتمالا على أن التقانات المتخصصة ستقوم بتنفيذ مهمات محددة عند إسنادها إلى معالج مركزي واحد. وستجري عندئذ الاستعاضة عن قانون <مور> المفرد، بعدة قوانين <مور> معا.



المؤلف

John Pavlus

<**پاڤلاس**> هو كاتب ومخرج أفلام يركز على مواضيع العلوم والتقانة والتصميم. وتنتشر أعماله في المجلات Wired، Nature، MIT Technology Review، وغيرها من المنابر الإعلامية.

السبب، يتسابق مصنعو الشيپات مثل Intel و IBM و HP لإنفاق البلايين من الدولارات على البحث والتطوير بهدف اكتشاف عالَم ما بعد قانون <مور>. ويتطلب ذلك إعادة النظر في الفرضيات الأساسية التي تطلبها التقانة لتؤدي وظائفها. وهل تحتاج شيپة الحاسوب إلى أن تكون **صفيفة**[١] ذات بعدين من الأسلاك المحفورة ضمن السيلكون؟ وترى الشركة IBM أن ذلك غير ضروري، فهي تتحرى بجدية عن استخدام **أنابيب الكربون النانوية**[٢] **والگرافين** graphene كركيزة للحوسبة. وماذا عن الإلكترونات؟ هل هي ضرورية؟ تراهن الشركتان IBM و HP على **الفوتونيات** photonics التي تستخدم نبضات ضوئية بدلا من القلطية.

وتذهب الشركة HP إلى أبعد من ذلك، إذ تود تطوير النظرية الأساسية للإلكترونيات بذاتها. وقد شيدت الشركة نموذجا أوليا لحاسوب، باسم رمزيّ «**الآلة**» the Machine، وهذا النموذج يستمد الطاقة من الارتباط المفقود في الإلكترونيات والجاري البحث فيه منذ فترة طويلة، وهو **مقاوم ذاكرة**[٣] memristor. ويسمح هذا المكون الذي جرى التنبؤ به رياضياتيا منذ عدة عقود، ولكن لم يُطور إلا حديثا بالجمع بين وظائف التخزين ووظائف **الذاكرة العشوائية النفاذ** (RAM)[٤] في الحواسيب بآن معا. ويصبح التشبيه الشائع للوحدة CPU «بدماغ» الحاسوب هو الأدق مع هذه المكونات بدلا من الترنزستورات؛ لأن بإمكانها العمل بطريقة مشابهة **للخلايا العصبية** neurons: فهي تجمع بين تخزين ونقل وتكويد المعلومات. ويسمح الجمع بين التخزين **المتلاشي** volatile **والدائم** nonvolatile برفع الكفاءة بطريقة ملموسة والتخفيف مما يُعرف **بعنق زجاجة** <**ڤون نيومان**>[٥] التي طالما فرضت قيودا على الحوسبة لأكثر من نصف قرن.

ولكن لا تعد أي من هذه التقانات جاهزة حاليا لتحل محل الشيپات المستخدمة في الحواسيب المحمولة أو الهواتف، أو حتى لتوسيع قدراتها، في السنوات القليلة القادمة. ومع نهاية العقد الحالي، ينبغي أن تُصبح إحدى هذه التقانات على الأقل قادرة على تقديم الأداء الحسابي المحسن الذي من شأنه أن يملأ الفراغ الذي سيُحدثه دون شك تقهقر هندسة الدوائر السيلكونية التقليدية. ويبقى السؤال: ما هي هذه التقانة ومتى تصبح جاهزة؟

إلى ما بعد السيلكون[*]

إن الفكرة الكامنة وراء قانون <مور> بسيطة: إن تنصيص حجم ترنزستور يُعني أنه بإمكانك مضاعفة أداء الحوسبة وبالتكلّفة نفسها. ولكن هذا القانون تضمن دوما قضايا أكثر من ذلك. وقد تكون مقالة <G. مور> المنشورة في عام 1965 تنبأت بما سيحدث لكثافة الترنزستورات سنويا، ولكنها لم تصف قطّ كيف يمكن رفع الأداء كنتيجة لازدياد الكثافة. وقد تطلب الأمر تسع سنوات إضافية لكي يقوم عالِم في الشركة IBM، وهو <R. دنارد>، بنشر تفسير يعرف اليوم **بمقياس** <**دنارد**> Denard scaling يصف هذا المقياس **ثبات كثافة الطاقة لتقانة** (MOSFET)[٦] (وتشير إلى تقانة ترنزستورات الأثر الحقلي ذات أشباه الموصلات المعدنية المؤكسدة، وهي التقانة المهيمنة في عام 1974) مع تقلص أبعادها الفيزيائية[٧]. وبكلمات أخرى، عند تقلص أبعاد الترنزستورات، فإن كمية القلطية الكهربائية والتيار اللازمين لتبديل الحالة بين الوصل والفصل، تتقلص أيضا.

وقد ظل مقياس <دنارد> لمدة 30 عاما المحرك السري لقانون <مور>، ضامنا المكسب الثابت في أداء الحواسيب الشخصية، وهذا ما ساعد الأشخاص على البدء بالأعمال التجارية وتصميم المنتجات ومعالجة الأمراض وتوجيه المركبات الفضائية وجعل الإنترنت أكثر ديمقراطية. وبعد ذلك، توقف هذا المقياس عن العمل. وما إن بدأت منشآت الإنتاج بحفر سمات في السيلكون برتبة أقل من 65 نانومتراً (وهذا ما يمثل نصف طول الڤيروس HIV)، حتى وجد مصممو الشيپات أن الترنزستورات أصبحت تسرب الإلكترونات بسبب الآثار الميكانيكية **الكمومية** quantum. وقد أصبحت هذه العناصر دقيقة إلى درجة يصعب فيها الابتدال بين حالتي «الوصل» و «الفصل» بموثوقية، كما أصبح أي حاسوب رقمي لا يستطيع التمييز بين 1 و 0 يعاني مشكلة حقيقية. ولا يقتصر الأمر على ذلك فقط، إذ كان الباحثون في الشركتين IBM و Intel يستكشفون ما يسمى **جدار التردد** frequency wall الذي يضع حاجزا أمام سرعة تنفيذ الوحدات CPUs السيلكونية للعمليات

(*) BEYOND SILICON
(١) array
(٢) carbon nanotubes
(٣) أو: الميمرستور.
(٤) random-access memory
(٥) von Neumann bottleneck
(٦) metal-oxide-semiconductor field-effect transistors
(٧) أو: المادية.

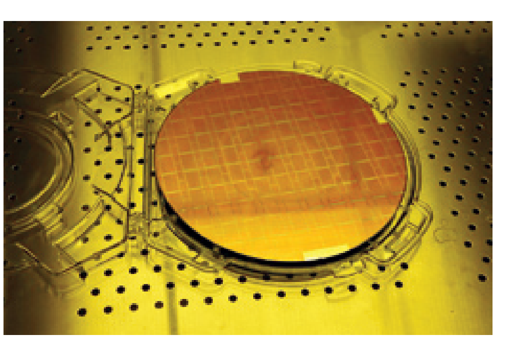
المنطقية، والبالغة أكثر من أربعة بلايين مرة في الثانية، من دون الانصهار بسبب الحرارة الزائدة.

ومن الناحية التقانية، يمكن لقانون ‹مور› الاستمرار (وقد استمر بالفعل)، فقد استمرت الشركة Intel بحشر ترنزستورات أدق في الشرائح كل عامين. ولكن ذلك لم يترجم حتى الآن بحواسيب أسرع وأرخص فعلا.

ومنذ عام 2000، دأب مهندسو الشيپات، بعد مواجهة هذه العقبات، على تطوير حلول ذكية. فقد تجنبوا بلوغ جدار التردد بإدخال وحدات المعالجة المركزية **متعددة النوى** multicore (إذ إن معالجاً بتردد 10-GHz سيحترق حتما، ولكن استخدام 4 أو 8 أو 16 معالجا بتردد 3-GHz، تعمل على التوازي، لا يؤدي إلى الاحتراق). كما تم تدعيم الترنزستورات المسربة **ببوابات ثلاثية** tri-gates، بحيث تتحكم في تدفق التيار من ثلاثة جوانب، بدلا من جانب واحد. وقد جرى بناء أنظمة تسمح للوحدات CPUs بإسناد بعض المهام خصوصا العويص منها لوحدات خاصة خارجية (مثلا يقود شاشة الهاتف الذكي iPhone 6 معالج بياني رباعي النوى خاص بها). ولكن، لن يغير ملء هذه الثغرات من حقيقة أنه لم يبق أمام عمر مقياس السيلكون مدة أكثر من عقد من الزمن فقط.

ويدفع ذلك مصنعي الشيپات إلى البحث عن طرق لتحصين السيلكون. ففي العام الماضي (2014)، أعلنت الشركة IBM أنها قد خصصت ثلاثة بلايين دولار للبحث بنهم عن الأشكال المتنوعة للحوسبة لما بعد السيلكون. ولعل المادة الأساسية قيد التقصي هي الگرافين: وهي وريقات كربونية بثخانة ذرة واحدة فقط. وكما هي الحال في السيلكون، يمتلك الگرافين خصائص إلكترونية مفيدة، تبقى مستقرة في ظل طيف واسع من درجات الحرارة. ومن خصائصه الفضلى أن الإلكترونات تعبر تلك الوريقات بالسرعات النسبية. وقد يكون الأكثر إحراجا، أن من الممكن تغيير أبعاد تلك المادة مخبريا على الأقل. وقد جرى بناء ترنزستورات الگرافين بحيث يمكنها العمل مئات أو آلاف المرات بطريقة أسرع من العناصر السيلكونية الأعلى أداء، وبكثافة طاقة معقولة، على الرغم من أنها تقل عن مستوى عتبة عند خمسة نانومترات التي يصبح السيلكون عندها **كموميّا** quantum.

ومع ذلك، وخلافا للسيلكون، يعاني الگرافين **فجوة نطاق** bandgap، وهي فرق الطاقة بين المدارات التي تقيد بها الإلكترونات حول الذرة والمدارات التي يمكن للإلكترونات أن تتحرك عليها بحرية وتشارك في توصيل الكهرباء. وعلى سبيل المثال، لا توجد هذه الفجوة في المعادن في موصلات نقية. وفي غياب هذه الفجوة، يتعذر كثيرا صد تدفق التيار الذي سينقل الترنزستور من حالة الوصل إلى الفصل - وهذا يعني أن الأجهزة المكونة من عنصر الگرافين لا يمكنها **تكويد المنطق الرقمي**[1] بموثوقية. ويعترف ‹S. گوها› [مدير العلوم الفيزيائية في مركز أبحاث ‹J. Th. واتسون› في الشركة IBM]: «لقد كنا الرواد في هذا المجال، ولكن النتائج التي حصلنا عليها من الگرافين لم تكن مشجعة. إذ ينبغي أن يكون الگرافين زهيد الثمن للغاية، وأن يقدم بعض الميزات الفريدة ليحل محل المواد الراهنة. فهو يمتلك خواص مثيرة للاهتمام، ولكن لم يجر تحديد التطبيق الأنسب له.»



يريد مؤسس مجموعة الحوسبة الإدراكية في الشركة IBM، ‹D. مودها›، بناء شيپات حاسوب تكون على درجة من «الذكاء» لا تقل عن الفراشة المنزلية.

قد تكون أنابيب الكربون النانوية واعدة أكثر. وإنّ لفّ وريقات الگرافين على شكل أسطوانات جوفاء، يُمكّنها من اكتساب فجوة نطاق صغيرة، تمنحها بعض صفات أشباه الموصلات المماثلة للسيلكون، وهذا ما يفتح أمامها إمكانية استخدامها كترنزستورات رقمية. ويقول ‹گوها›: «نحن متفائلون بحذر، فعند تصغير مقاس أنابيب الكربون النانوية، وهي عناصر انفرادية، إلى رتبة 10 نانومترات تقريبا، يتفوق أداؤها على أي مادة أخرى متوفرة حالياً. وإذا نظرنا إلى محاكاة منظومات الحوسبة التي تستخدم أنابيب كربون نانوية، نتوقع الحصول على تحسن للأداء أو لكفاءة الطاقة يصل إلى خمسة أضعاف أعلى من السيلكون.»

ولكن أنابيب الكربون النانوية هي بنى دقيقة وحساسة. فإذا تغير قطر الأنبوب النانوي أو الزاوية التي تدور بها ذرات الكربون تغيرا بسيطا، فإن فجوة النطاق يمكن أن تختفي، وهذا ما يجعل الأنبوب غير صالح للاستخدام كعنصر دائرة رقمية. وينبغي أن يكون المهندسون قادرين أيضا على صف بلايين الأنابيب النانوية وفق أسطر واضحة بحيث لا يبعد بعضها عن بعض مسافة أكبر

(1) encode digital logic

من بضعة نانومترات باســـتخدام التقانة ذاتها التي يُعتمد عليها في تصنيع السليكون حاليا. ويقول ‹گوها›: «ينبغي، لكي تصبح أنابيب الكربون النانوية خلفا قيما للســـيلكون، اكتشـــاف كل ما يتعلق بها في العامين أو الثلاثة أعوام القادمة.»

تحطيم جدار الذاكرة(*)

ويسأل ‹A. ويلر›: «ما هو العِقار الأغلى على هذا الكوكب؟ إنه موجود هنا،» وهو يشير إلى صندوق مرسوم باللون الأسود على لوح أبيض، يمثل **راسوم** die **شيپة ميكروية** microchip. ويظهـــر ‹ويلر› بهيئة رجل طويل نحيـــل مربع الوجنات يرتدي بنطال جينز ضيقا وقميصا قطنيا مزركشـــا، وهو يشـــبه بزيه راعي بقر قديم أكثر من كونه نائب مدير لمختبرات HP، الذراع البحثية للشـــركة HP. ويشرح ‹ويلر› فائدة الاستخدام الفعلي لمعظم الترنزســـتورات التي تشغل هذا العقار الأساسي، فهي لا تفيد في الحوسبة بحسب قوله. إنها تسمى «**ذاكرة خبيئة**» cache memory أو **ذاكرة ساكنة** (SRAM)[1]، وكل ما تقوم به هو تخزين التعليمات التي يجري تكرار النفاذ إليها. فهي المكافئ الســـيلكوني **للرف** the dock المتوفر في حواســـيب ماكينتوش، والـــذي يمثل المكان الذي يحفظ الأشـــياء المراد اســـتخدامها لتجنب البحث عنها. ويرغـــب ‹ويلر› في التخلص منها، ولكنه يســـتبق الأحداث، إذ يود في المســـتقبل القريب التخلص من القرص الصلب والذاكرة الرئيسية في الحاسوب.

وبحسب الشركة HP، فإن العناصر الثلاثة – التي تعرف مجمعـــة **بتراتـــب الذاكـــرة الهرمـــي**[2]، بحيث تقـــع الذاكرة SRAM في القمة، والأقراص الصلبة في الأســـفل – مسؤولة عن معظم المشـــكلات التي يواجهها المهندسون الذين يعملون على التمسك بقانون ‹مور›. ومن دون الذاكرة العالية السرعة والمرتفعة الســـعة القادرة علـــى تخزين **البتـات** bits ونقلها بالسرعة الممكنة، فإن عمل الوحدات CPUs يكون محدودا.

ولتحطيـــم جدار الذاكرة، قام فريـــق ‹ويلر› في Palo Alto بكاليفورنيـــا، بتصميـــم نوع جديد من الحاســـوب – الآلة – الـــذي يتجنب تراتب الذاكـــرة الهرمي كليا بدمجها في **طبقة** tier موحـــدة. وتتميز كل طبقة في تراتب الذاكرة بنواح معينة وتعاني مشـــكلات في نواح أخرى. فالذاكرة SRAM سريعة للغاية (بحيث يمكنها مواكبة وحدة المعالجة المركزية). ولكنها تعاني استهلاك الطاقة وسعة التخزين المحدودة. أما الذاكرة الرئيســـية، أو **الذاكرة الديناميكيـــة** (DRAM)[3]، فهي ذاكرة سريعة نسبيا وكثيفة وقادرة على **التحمل** durable، وهذه سمات مناسبة لأنها تمثل **لوحة العمل** workbench التي يستخدمها الحاسوب لتشغيل التطبيقات الفعالة. وبالطبع، يؤدي انقطاع الطاقة إلى مسح كافة محتويات الذاكرة DRAM، وهذا يفسر الحاجة إلى **وسـائط تخزيـن دائمـة**[4]، مثل **ذاكرة ومضية** flash memory والأقراص الصلبة، لحفظ البيانات لمدد طويلة. وتقدم هذه الوســـائط الســـعة العالية والاستهلاك المنخفض للطاقـــة، ولكنها شـــديدة البـــطء (كما أن الذاكـــرة الومضية تُســـتهلك ســـريعا إلى حد ما). ولما كان لكل وســـيطة ذاكرة حلول وسطى متراكبة، فإن الحواسيب المعاصرة تربطها معا بحيث تســـتطيع الوحدات CPUs نقل البيانات صعودا ونزولا بـــين الطبقات بطريقة فعالة قدر الإمكان. ويقول ‹ويلر›: «إنها أعجوبة هندسية مطلقة، لكنها أيضا تبذير ضخم.»

ويعد تصميم **ذاكرة عامة** universal memory يمكنها الجمع بين ســـرعة الذاكـــرة SRAM وديمومة وقـــدرة تحمل الذاكرة DRAM، وكفاءة الســـعة والطاقة للتخزين الومضي، هاجسا مســـتمرا منذ عدة عقود للمهندسين والمصممين والمبرمجين، بحســـب ‹ويلر›. وتستثمر «الآلة» مكونا إلكترونيا، هو **مقاوم ذاكـرة** memristor، لتغطية البندين الأخيرين في قائمة أمنيات الذاكرة العامة. لقد جرى التنبؤ رياضياتيا بمقاوم ذاكرة في عام 1971 – وهو خليط من كلمتي «**مقاوم**» resistor و«**ذاكرة**»، memory بسبب قدرة العنصر على نقل الكهرباء معتمدا على شـــدة التيار الذي يتدفق عبره، وكان يعتقد أن من المستحيل تصميم مثـــل هذا العنصر. وفي عام 2008، أعلنت الشـــركة HP أنهـــا أنتجـــت عنصر مقاوم ذاكرة فعـــال، نتيجة برنامج بحثي جرى الاســـتعجال به داخليا ليكون العنصر الرائد في حاسوب «الآلة».

ويؤدي إرســـال نبضات فلطيـــة إلى خلية مقـــاوم ذاكرة إلـــى تغيير حالتها الناقلة، وهذا ما من شـــأنه تحقيق التمييز الواضح بين حالتـــي «الوصل/الفصـــل» اللازمتين لتخزين البيانـــات الرقمية. وكمـــا هي الحال في الذاكـــرة الومضية، تستمر هذه الحالة بعد انقطاع التيار. ويمكن على نحو مماثل للذاكـــرة DRAM قراءة الخلايا وكتابتها بســـرعة عالية، مع إمكانية تحقيق كثافة تخزين عالية.

ولتحقيـــق أداء مماثل للذاكرة SRAM تحتاج خلايا مقاوم ذاكـــرة إلـــى أن توضع بجـــوار الوحدة CPU على راســـوم الســـيلكون ذاته، وهذا ترتيب غير عملي فيزيائيا باســـتخدام التقانـــة الحالية. وبدلا من ذلك، تخطط الشـــركة HP لتوظيف **الفوتونيات** photonics – بحيث تنقل البتات كنبضات ليزرية عوضا عن التيـــارات الكهربائية – لوصل مقاوم ذاكرة عالي

(*) BREAKING DOWN THE MEMORY WALL
(1) static RAM
(2) the memory hierarchy
(3) dynamic RAM
(4) nonvolatile storage media

الأداء بخبيئات ذاكرة ساكنة متوفرة في المعالجات المنطقية. وقد لا يكون ذلك تحقيقا كاملا للذاكرة العامة المنشودة - إذ تقوّض «الآلة» **تراتبية الذاكرة**(١) من ثلاثة صفوف إلى صفين - لكنه يقترب من ذلك.

وبالجمع بين ذاكرة RAM وتخزين دائم، يمكن لبنيان معتمدة في بنائها على مقاوم ذاكرة تحقيق ارتفاع ملحوظ في أداء الحواسيب دون الاعتماد على أسلوب التصغير وفق قانون ‹مور›. وعلى سبيل المثال، احتاج الحاسوب الفائق Watson من الشركة IBM، والذي تتفوق قدراته على المشاركين البشر في مسابقة Jeopardy في عام 2011، إلى 16 تيرا بايت من الذاكرة DRAM، والمعلبة في 10 **رفوف** racks لمخدِّمات ذات نظام تشغيل لينكس Linux الشرهة للطاقة، وذلك بهدف العمل في الزمن الحقيقي. ويمكن تضمين السعة التخزينية نفسها من الذاكرة الومضية الدائمة في علبة حذاء مع استهلاك كمية مماثلة للطاقة التي يحتاج إليها حاسوب محمول متوسط. ويمكن لبنيان ذاكرة يجمع بين الوظيفتين معا أن يسمح بتخزين مجموعات من البيانات الضخمة في الذاكرة الفعالة للمعالجة في الزمن الحقيقي، بدلا من تجزئة البيانات إلى قطع تتابعية صغيرة، وبتكلفة طاقة أقل.

تبيّن أننا لا نريد «حواسيب مُفكِّرة» قائمة بذاتها، توحي للأفراد، على النحو الذي فكَّر به كاتبو الخيال العلمي في نهاية القرن العشرين.

ومع ازدياد عدد الأجهزة المرتبطة المتصلة **بإنترنت الأشياء** Internet of Things، تؤدي مسألة تدفق كمية لا تحصى من المعلومات (من رتبة **البيتابايت** petabyte 10^{15})، من وإلى مراكز البيانات بهدف التخزين والمعالجة إلى جعل قانون ‹مور› أمرا قابلا للجدل، بحسب ‹ويلر›. وإذا كان بإمكان الذاكرة العامة أن تتيح إمكانات الحواسب الفائقة في حزم أصغر ذات استهلاك أقل للطاقة، فإن بالإمكان تخزين ومعالجة البيانات المتدفقة معالجة أولية محليا من قبل الأجهزة المرتبطة ذاتها. وقد لا يكون ممكنا أن تصبح الوحدات CPUs السيلكونية أصغر حجما من سبعة نانومترات، أو أسرع من 4 گيگا هرتز، ولكن مع انهيار جدار الذاكرة، لم يعد هذا الأمر مهما.

إلى ما بعد ‹ڤون نيومان›(*)

حتى وإن نجحت الشركة HP في رهانها على بناء حواسيب ذات ذاكرة عامة، فإنها ستظل تتبع أسلوب الحواسيب التقليدية المستخدم منذ الحاسوب ENIAC - وهو من الجيل الأول من الحواسيب العامة الاستخدام - الذي بُني في عام 1946، وهو من الحواسيب السريعة للغاية في الحسابات الرقمية.

وجرت نمذجة التصميم الأساسي لتلك الحواسيب من قبل العالم الرياضياتي ‹J. ڤون نيومان› في عام 1945. ويضم ذلك التصميم وحدة معالجة لتنفيذ التعليمات، و**مصرف ذاكرة** memory bank لتخزين تلك التعليمات والبيانات التي سيجري العمل عليها، ويضم **مُوصلاً** bus للربط بينها. ويعد بنيان ‹ڤون نيومان› مثاليا لتنفيذ التعليمات الرمزية بتسلسل خطي - وقد عرفت أيضاً بقيامها بالعمليات الحسابية. وقد كانت الحواسيب الأولى مؤلفة من أشخاص يجري توظيفهم للجلوس في غرفة وإجراء الحسابات يدويا، ولذا، فليس صدفة أنه جرى تصميم الحواسيب الإلكترونية الأولى لأتمتة ذلك العمل الشاق والمعرض للأخطاء.

وتزداد الحاجة اليوم إلى الحواسيب ازديادا كبيرا لإجراء الأعمال التي لا ترتبط بالتعليمات الرياضياتية **الخطّيّة** linear ارتباطا مباشرا: وكمثال على ذلك، المهام المتعلقة بالتعرف على الأغراض المهمة الواقعة ضمن عرض ڤيديوي يمتد ساعات، أو توجيه الروبوتات المستقلة على أرض غير مستقرة أو خطرة. وتتوافق هذه المهام إلى حد كبير مع قدرات الاستشعار والأنماط المتاحة في الدماغ البيولوجي مقارنة بالحسابات الميكانيكية. وينبغي أن تستخلص الأعضاء المعلومات القابلة للتنفيذ من بيئة ديناميكية في الزمن الحقيقي. فإذا أُجبرت **فراشة منزلية**(٢) على نقل تعليمات متقطعة ذهابا وإيابا، الواحدة تلو الأخرى، بين وحدات المعالجة والذاكرة المنفصلين عن بعضهما في دماغ هذه الفراشة، فهي لن تنجز الحسابات في وقتها لتفادي الضربات الموجهة إليها.

ويرغب ‹D. مودها› [مؤسس مجموعة الحوسبة الإدراكية في الشركة IBM] في بناء شيپات، لها قدر من «الذكاء» لا يقل عن الفراشات المنزلية، ولها كفاءة طاقة مماثلة. وسبيل ذلك، كما يبين ‹مودها›، هو التخلي عن بنيان ‹ڤون نيومان› المشابه للآلات الحاسبة. وبدلا من ذلك يرغب فريقه في تقليد عمل **العمود القشري** cortical column في دماغ الثدييات، والذي يعمل على معالجة البيانات ونقلها وتخزينها في البنية نفسها من دون مواجهة حالات اختناق بسبب الموصل الذي يربط بينها. وقد كشفت الشركة IBM مؤخرا عن الشيپات TrueNorth التي تتضمن أكثر من خمسة بلايين ترنزستور،

(*) BEYOND VON NEUMANN
(١) the memory hierarchy
(٢) housefly

مصطفة في نوى خلايا عصبية متشابكة عددها 4096 لنمذجة مليون خلية عصبية و 256 مليون شبكة عصبية.

ويسمح هذا الترتيب بأداء لحظي لتوافق الأنماط، بكمية طاقة مماثلة **للمؤشر الليزري** laser pointer. ويشير ‹مودها› إلى **مظهار ڤيديوي** video monitor في زاوية غرفة الاستعراض الواقعة ضمن **حَرم** campus بحوث Almaden في الشركة IBM في San Jose بكاليفورنيا. ويبدو المنظر المشاهد في المظهار مماثلا للقطات المراقبة المأخوذة من كاميرا تحتاج إلى إعادة تشغيل: إذ تظهر صور المارة والسيارات ودراجة هوائية (أو اثنتين) مجمدة في مكانها داخل دوار مروري. وجرى تمييز أحد المارة بصندوق أحمر، يظهر فوق الصورة. وبعد دقيقة واحدة، يبدو الأشخاص والسيارات والدراجات الهوائية في وضعية مجمدة أخرى، كما لو أن اللقطة قد جرى تجاوزها فجأة.

ويوضح ‹مودها› «كما نرى، فهذه ليست صورة ثابتة، فهي **دفق ڤيديوي**[1] من حرم ستانفورد بعد تحليله بحاسوب محمول يقوم بمحاكاة الشيپة TrueNorth. وهي تنفذ بسرعة أقل بنحو 1000 مرة من الزمن الحقيقي». وقد جرى استخدام الشيپة الفعلية TrueNorth والمشغلة للدفق الڤيديوي، لدورات التدريب الداخلي في مسرح قريب. ولذلك، فإننا لا نشاهد الأداء الحقيقي للشيپة. ويضيف ‹مودها› أنه لو كان هو المصمم، لكان الڤيديو يتدفق بالزمن الحقيقي ولكانت الصناديق الحمراء الصغيرة تتحرك بنعومة لملاحقة المارة عند دخولهم إلى المنظر والخروج منه.

وكما هي الحال في نظائر بنيان ‹ڤون نيومان›، فلأجهزة الشبكات العصبية المتشابكة كالشيپات TrueNorth نقاط ضعف متأصلة بها. ويقول ‹مودها›: «إننا لا نرغب في تنفيذ استخدام نظام التشغيل iOS على هذه الشيپة. وفي الواقع، يمكن ذلك، ولكن الأداء سيكون مترديا وغير فعال؛ وكمثال على ذلك، رداءة معالجة الحاسوب المحمول للدفق الڤيديوي». وتسعى الشركة IBM إلى تسخير كفاءة البنيتين معا – إحداهما للحساب الدقيق والمنطقي، والأخرى للاستجابة والتجميع اللازم لتوافق الأنماط – ما يوصف كمنظومة حوسبة إجمالية.

وضمن هذه الرؤية، لا تزال للصيغة التقليدية لقانون ‹مور› الأهمية ذاتها. وقد قام فريق ‹مودها› سلفا بوضع 16 شيپة من النوع TrueNorth في لوحة واحدة، وفي نهاية العام يخطط الفريق لربط ثماني لوحات معا في جهاز قدرته 100 واط، بحجم مقمرة الخبز، وله قدرة حسابية «قد تتطلب استخدام مركز بيانات كامل لمحاكاتها.»

وبعبارة أخرى، لايزال السيلكون وأعداد الترنزستور مُهمّين – ولكن الأهم هو طريقة ترتيبهما معا. ويقول ‹مودها›: «لقد كان ذلك هو رأينا: فبإعادة ترتيب الحجارة يمكنك الحصول على وظائف مختلفة كليا للمبنى. ويعتقد الكثير من الأشخاص، ونحن منهم في بداية الأمر، أننا نحتاج حقا إلى تغيير التقانة للحصول على مكاسب. وفي الواقع، فمع أنه من المحتمل أن تجلب التقانة الجديدة بعض المكاسب، إلا أنه أصبح واضحا أن استخدام بنية جديدة يحقق – بسهولة نسبيا – زيادة في الأداء بنسب مرتفعة.»

قوانين ‹مور›(*)

وبالعودة إلى البناء RA3، في Hillsboro، يكشف ‹M .C. مايبري› [مدير بحوث المكونات في الشركة Intel] لغزا آخر حول قانون ‹مور›؛ وهو أن هذا القانون، لم يكن يتعلق قطّ بالترنزستورات. وإن التكلفة بالنسبة إلى الوظيفة هي الهدف. وبصرف النظر عن الوحدة المستخدمة في القياس، سواء أكانت عدد الترنزستورات في السنتيمتر المربع للسيلكون، أم عدد تعليمات البرنامج المُنفذة في الثانية، أم معدل الأداء لكل واط من الطاقة، فإن المهم هو إجراء المزيد من العمل بعدد أقل من الموارد. وليس مفاجئا أن تصف الشركة Intel قانون ‹مور› على موقعها على الإنترنت بأنه نموذج تجاري وليس توجها تقانيا أو قوة من الطبيعة.

ويقول ‹مايبري›: «عندما أُسأل عما يبقيني يقظا في الليل حول قانون ‹مور›، فإنني أجيبه بأنني أنام جيدا. ولا يعني وصول مقياس ‹دنارد› إلى النهاية أننا سنتوقف عن العمل، ولكننا فقط سنغير نوع عملنا. وإذا نظرنا إلى الأمام لمدة 15 عاماً، يمكننا رؤية بعض التغيرات القادمة؛ ولكن ذلك لا يعني أننا سنتوقف». وتتفق الشركات Intel و IBM و HP على أن مستقبل أداء الحوسبة – الذي يدل على الطريقة التي تمكن الصناعة مجتمعة من تقديم وظائف أفضل بتكلفة أقل – لن يظل خطا مستقيما أو منحنيا، ولكنه سيصبح أقرب إلى شجرة متعددة الفروع من التطور البيولوجي ذاته.

ويردّ ذلك إلى تطور نظرتنا إلى الحواسيب. ويبدو جليا أننا لا نريد «حواسيب مُفكِّرة» قائمة بذاتها، توحي إلى الأفراد، على النحو الذي فكر به كاتبو الخيال العلمي في نهاية القرن العشرين. فالأمر الذي يفنى فعلا ليس قانون ‹مور›، ولكنها حقبة الحوسبة الفعالة المستخدمة لكافة الأغراض العامة التي كان قانون ‹مور› يصفها ويمكنها، والتي يصفها ‹مايبري›

(*) MOORE'S LAWS

(1) video stream

بقوله حقبة «حشر كل شيء ممكن في العلبة ذاتها.»

وبدلا من ذلك، تصبح المتابعة الحثيثة للحصول على تكلفة أقل للوظيفة الواحدة مقودة **بحوسبة لامتجانسة**[1]، ويؤدي ذلك إلى انقسام قانون ‹مور› إلى عدة قوانين ‹مور›. وتعمل الشركات مثل Intel و IBM و HP وغيرها على تكامل منظومات بأكملها، وليس فقط لتكامل الدوائر، بهدف التعامل مع الطلبات المتعددة للأعباء الحسابية الإضافية. ويقول ‹B .S. ميرسون› [من الشركة IBM] إن الأشخاص يشترون الوظائف، ولا يشترون شيپات الحواسيب. وفي الواقع، يقل الاهتمام بشراء الحواسيب تدريجيا. ونود أن تتمكن أدواتنا من الحساب أو التفكير على نحو يجعلها مفيدة في سياق استخدامنا لها. ولذلك، بدلا من **الحاسوب الفائق الذكاء** (HAL)[2]، المذكور في فيلم "2001: A Space Odyssey"، أصبح لدينا الآن محرك **گوگل** Google على الهواتف الذكية لمعرفة متى ينبغي المغادرة إلى المطار للحاق بالطائرة.

ويعتقد بعض المنظرين المستقبليين، مثل ‹N. بوستروم› [مؤلف الذكاء الفائق: الممرات والمخاطر والاستراتيجيات] أن قانون ‹مور› سيتسبب في نهوض **الذكاء الاصطناعي المعمَّم**[3] واندماجه في كافة مناحي المعرفة كالوجود الرقمي الفعال. وتقترح الحوسبة اللامتجانسة أن الحوسبة ستنتشر على الأرجح في كافة أغراض **التفريغ السابقة** dumb، وفي المنظومات ومراكز **التميز** niches وهذا ما يزود الأشياء مثل السيارات و**مُوزِّعات** routers الشبكات ومعدات التشخيص الطبية وسلاسل البيع **بالتجزئة** retail بالمرونة شبه المستقلة وبالمهارات المتعلقة بمحيط الحيوانات الأليفة. وبعبارة أخرى، في عالم ما بعد قانون ‹مور›، لن تصبح الحواسيب أمرا مقدسا، ولكنها ستتصرف مثل كلاب شديدة الذكاء.

وكما أن سلالة كلاب الحراسة لا تقوم بعمل كلاب الصيد، فإن **المعالِج البياني**[4] لن يحل محل الوحدة CPU. ويقدم ‹ويلر› [من الشركة HP] مثالا عن نوى معالجة للأغراض الخاصة المتعددة، مربوطة بذاكرة عامة من رتبة پتابايت – وهي تجمّع هجين لطاقة المعالجة مع ذاكرة ضخمة ويعمل الهجين بالأسلوب نفسه الذي تصطف به المسرعات البيانية المتخصصة والذاكرة الخبيئة، حول الموارد المركزية للوحدة CPU. ويطرح ‹مودها› [من الشركة IBM] أجهزة بحجم كرة المضرب، تتألف من شيپات إدراكية مثبتة بكاميرات زهيدة الثمن، يمكن استخدامها في مواقع الكوارث الطبيعية، لاكتشاف حالات معينة بدقة، مثل وجود حالات للأطفال الجرحى. ويقول عالم الحواسيب ‹L. شواء› [من جامعة كاليفورنيا في بيركلي، وهو أول من وضع نظرية مقاوم ذاكرة في عام 1971] إن جهود الشركة HP لهدم البنيان التراتبي الهرمي للذاكرة، وبحثّ الشركة IBM على إعادة تخيل وحدة المعالجة المركزية، هي إجابات متكاملة لما يسميه «**عنق زجاجة البيانات الكبرى**»[5]. وبحسب ‹شواء›، فإن «من المدهش أن تكون الحواسيب التي دأبنا على استخدامها في السنوات الأربعين الماضية لكافة الأعمال، لا تزال تعتمد على الفكرة ذاتها لبنيان ‹ڤون نيومان› المطبق على الآلات الحاسبة». ويؤكد ‹شواء› أنه لا يمكن «تفادي» الانتقال على جبهتين إلى الحوسبة اللامتجانسة، وهي «ستؤدي إلى إيجاد اقتصاد جديد كليا»، لا يستهان به، لأن ما بعد قانون ‹مور›، وما بعد حوسبة ‹ڤون نيومان›، يتطلب طرائق جديدة في البرمجة، وتصميم النظم. ولذلك، تهتم الكثير من علوم الحاسوب المعاصرة، ومن الهندسة، وتصميم الشيپات، بحجب المحدوديات المتأصلة التي يفرضها البنيان التراتبي الهرمي للذاكرة وبنيان ‹ڤون نيومان› على الحوسبة، بحسب ‹شواء›. وعند التخلص من هذه المحدوديات، «ينبغي لكل مبرمج حواسيب العودة إلى المدرسة من جديد»، كما يقول ‹شواء›.

ولا يشير إطلاقا أي من ‹شواء› و ‹مودها› و ‹ويلر› في رؤيتهم للمستقبل القريب إلى الترنزستورات – أو المكسب المتوقع في الأداء الذي ينتظر العالم معرفة توقعاتهم له. وبحسب ‹مايرسون› [من الشركة IBM]، فإن ما قام به قانون ‹مور› من وصف دقيق خلال نصف قرن من الزمن – وهي علاقة أنيقة بين زيادة كثافة الترنزستورات وانخفاض تكلفة الوظيفة الواحدة – قد يكون مصادفة مؤقتة. وبحسب ‹مايرسون›، إذا نظرنا إلى السنوات الأربعين الماضية لأشباه الموصلات، يمكن ملاحظة إيقاع ضربات قلب ثابت. ولا يعني ذلك، أن التقدم سيتوقف؛ ولكن هذه التقانة تسبب الآن اختلاجات في ضربات القلب. ■

---

(١) heterogeneous computing
(٢) the superintelligent computer
(٣) generalized artificial intelligence
(٤) graphics processor
(٥) the Great Data Bottleneck

مراجع للاستزادة

Cramming More Components onto Integrated Circuits. Gordon E. Moore in *Electronics*, Vol. 38, No. 8, pages 114–117; April 19, 1965.

Memristor: The Missing Circuit Element. L. O. Chua in *IEEE Transactions on Circuit Theory*, Vol. 18, No. 5, pages 507–519; September 1971.

Design of Ion-Implanted MOSFET's with Very Small Physical Dimensions. R. H. Dennard et al. in *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 9, No. 5, pages 256–268; October 1974.

Carbon Nanotubes: The Route toward Applications. Ray H. Baughman et al. in *Science*, Vol. 297, pages 787–792; August 2, 2002.

Scientific American, May 2015

انقشاع لعنة داء ألزهايمر(*)

مجموعة من العائلات في كولومبيا، ممن يحمل أفرادها طفرة جينية نادرة تسبب الإصابة بداء ألزهايمر، أصبحت هذه المجموعة مركز اهتمام الباحثين عن علاج المرضى بهذا الداء.

<G. ستيكس>

في عام 2007 عندما كانت ‹أليخاندرا› مراهقة في السادسة عشرة من العمر، كانت لها طموحات أية فتاة في مثل هذا العمر. وكانت طالبة في مدرسة ثانوية في مدينة مدلين[١] وهي من أكبر مدن كولومبيا. لقد كانت ساعات الدوام في المدرسة موزعة بشكل يتيح لهذه الطالبة عدة ساعات من الفراغ تقضيها في التسكع مع أصدقائها في الأماكن المفضلة لديهم من المدينة.

بعد ذلك بدأت أمها ‹يولاندا› تفقد ذاكرتها. فقد تقوم أمها الهادئة والحريصة على الدقة في تصرفاتها بتحية أحد الزوار ولا تلبث أن تكرر التحية نفسها عدة مرات بعد ذلك. فقد أصيبت الأم ‹يولاندا› وهي في منتصف الأربعينات من عمرها بالشكل المبكر من داء ألزهايمر وهو ما عنى بالنسبة إلى ‹أليخاندرا› أن مرحلة مراهقتها قد أشرفت على نهايتها، وأصبح من واجبها، سواء رغبت في ذلك أم لا، أن تتحمل كامل المسؤولية عن العناية بأمها العاجزة.

منذ ذلك الوقت، انتقلت ‹أليخاندرا›، التي تبلغ الآن الرابعة والعشرين من عمرها، إلى بلدية كوپاكابانا[٢] حيث تسكن في شقة بالطابق العلوي من كتلة من الأبنية الخرسانية، يشاركها فيها خالتها واثنان من أخوالها وابنتها ‹لونا› وعمرها تسع سنوات وأختها ‹كارولينا› التي يبلغ عمرها سبعة عشر عاما والتي انقطعت بدورها عن دراستها الثانوية لمساعدة أختها. ولم تعد أمها قادرة على الكلام أو المشي، وتمضي معظم وقتها محنية في كرسيها. أما أحد أخوالها البالغ من العمر 51، عاما، فهو مصاب أيضا **بالخرف** dementia.

وكل يوم، تُعدّ الفتاتان الطعام لكلا المصابين بداء ألزهايمر، كما أنهما تغسلانهما وتحملانهما إلى الفراش، وتكرر الفتاتان هذا العمل يوما بعد يوم من دون توقف بالمناسبات كأعياد الميلاد أو أيام العطل. وتقول ‹أليخاندرا›: «كانت لديّ آمال ومشاريع، كنت أرغب في متابعة الدراسة وأن أصبح ممرضة، فهناك مشاريع كثيرة لم أستطع تحقيقها... أشعر الآن بأنني هرمة.»

كانت لدى ‹أليخاندرا› هواجس تنذر بما يخبئ لها المستقبل حتى قبل أن تتأكد إصابة أمها بالمرض. وهي تتذكر في طفولتها كيف كانت أمها تعتني بجدتها التي كانت مصابة أيضا بداء ألزهايمر. وفي هذه المنطقة من العالم، يعاني كثير من الناس ما تعانيه ‹أليخاندرا› من صعوبات. فهي وعائلتها تعدّ واحدة من أكثر من 5000 فرد ينتمون إلى 26 من العائلات الكبيرة القاطنين في ولاية أنتيوكيا[٣] المعرضين للإصابة **بشكل جيني** genetic form نادر من داء ألزهايمر. يطلق اسم **پيسا** Paisa على الطفرة التي تسبب مرض ألزهايمر، وقد أصبحت هذه

(*) LIFTING THE CURSE OF ALZHEIMER'S
(١) Medellin
(٢) Copacabana
(٣) Antioquia

باختصار

وجد **طبيب كولومبي مختص بالأمراض العصبية** 26 عائلة موسّعة يصاب أفرادها بشكل جيني نادر من داء ألزهايمر، ويقيم كثير منهم في المناطق الريفية القريبة من مدينة مدلين.

يحمل أكثر من ألف شخص من هذه الفئة طفرةً جينية تجعلهم معرضين عمليا للإصابة بالمرض. والحجم الكبير لهذه الفئة يجعلها مثاليّة لإجراء اختبار سريري مبتكر.

يتلقى **المشاركون** في الاختبار الذي يُجرى في مدلين عقّارا تجريبيا، وقد يبدأ ذلك قبل خمسة عشر عاما من الموعد المتوقع لبدء أعراض المرض.

إن **نجاح** تجربة في الوقاية من المرض، بدلا من معالجته بعد تشخيصه، قد يغيّر جذريا طريقة تطوير أدوية داء ألزهايمر.



الأم والبنت: تركت <كارولينا>، 17 عاما، المدرسة لتساعد على رعاية أمها <يولاندا>، 53 عاما، التي أصيبت منذ سنوات بالشكل المبكر من داء ألزهايمر.

الكلمة لقباً يشير إلى سكان مقاطعة أنتيوكيا. وتتوضع الطفرة على **الكروموسوم (الصبغي) 14**[١] التي أمكن تتبع آثارها إلى زمن **الفاتحين** the conquistadors الإسبان في القرن السادس عشر. فعندما يرث طفل نسخة من الجين المتبدل عن طريق أحد أبويه، فمن المؤكد أنه سيصاب بالمرض في عمر مبكر.

ويُدعى هذا الشكل من المرض **داء ألزهايمر العائلي**[٢]، وهو يشكل نحو واحد في المئة من عدد المصابين بالداء في العالم الذين يتجاوز عددهم 35 مليونا. (وقد حظي هذا الداء حديثا بشهرة واسعة بعد أن قامت الممثلة <جوليان مور> التي حازت على جائزة الأوسكار عن دورها في فيلم «مازالت أليس»[٣] وأدت فيه دور المرأة التي أصيبت بداء ألزهايمر في عمر مبكر.) إلا أن هذا الشكل المبكر من المرض شائع بشكل مثير للقلق في **العائلات الموسَّعة**[٤] بالقرب من ميدلين. والطفرة پيسا توجد عند أكثر من عشرين في المئة من أفراد ست وعشرين عائلة موسعة يزيد عددهم على خمسة آلاف إنسان. ومن المرجح أن يصاب حامل الطفرة بالمرض قبل أن يبلغ الخمسين من العمر.

إن إمكانية التنبؤ المرتفعة بحدوث الإصابة بداء ألزهايمر بين سكان أنتيوكيا بدأت الآن تلفت انتباه الاختصاصيين في جميع أنحاء العالم. وخلال السنوات الماضية، أخفقت المحاولات المتكررة في تطوير معالجة فعالة لداء ألزهايمر. وقد أصيب العلماء بالإحباط بعد أن رأوا هذه الإخفاقات المتتالية؛ مما دفعهم إلى الاعتقاد أن كبح تقدم المرض قد يكون متأخرا أكثر مما ينبغي إذا بدأ تناول العلاج بعد ظهور الأعراض، لذلك بدؤوا تركيز اهتمامهم على الوقاية من المرض. فبدلا من معالجة الأشخاص الذين ظهرت لديهم أعراض الخرف، قد يكون من الضروري إعطاء الأدوية المقترحة إلى الأشخاص السليمين ومن ثم مراقبتهم بشكل متواصل لمعرفة ما إذا

(١) chromosome 14
(٢) familial Alzheimer's
(٣) Still Alice
(٤) extended family؛ عائلة موسَّعة (تشمل الأقارب الأدنين وأطراف الأقارب)، عن المعجم «المغني الكبير».



المؤلف

Gary Stix

‹**ستيكس**› هو محرر رئيسي في مجلة ساينتفيك أمريكان.

حافظوا على سلامتهم أم ظهرت لديهم أعراض هذا الداء.

وإن إجراء مثل هذه التجارب السريرية على عامة السكان قد يكون مضيعة للوقت ومرتفع التكاليف بسبب صعوبة التنبؤ بحدوث الداء وبموعد حدوثه، وهي عوائق لاتصادف عند العائلات الكولومبية. فالعائلات التي تحمل الطفرة المشؤومة تم اختيارها للمشاركة في التجارب السريرية لاختبار الدواء ومعرفة ما إذا كان قادرا على الوقاية من داء ألزهايمر. وهذه العائلات التي عاشت عدة قرون مع الحقيقة المؤلمة لهذا الداء أصبحت عنصرا أساسيا في البحث عن علاجات وقائية.

الرؤية(*)

إن التحول إلى التركيز على الوقاية في الكفاح ضد داء ألزهايمر يقوم على أهم تقدم أُحرز في بحوث هذا الداء بالسنوات الأخيرة. فالتجارب السريرية الجارية حاليا تستخدم **التصوير بالرنين المغنطيسي** (MRI)(١) و**التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني** (PET)(٢)، وهي **تفاريس** scans للدماغ إضافة إلى **البزل القطني** spinal tap، تهدف إلى الكشف عن العلامات الدالة على الإصابة بداء ألزهايمر. ويستطيع الباحثون باستخدام هذه التقنيات مراقبةَ التبدلات التي تحدث في دماغ أحد الأشخاص الذي قُدرّ له الإصابة بالداء قبل عدة عقود أحيانا من تشخيص الداء بشكل مؤكد.

وتساعد هذه الوسائل الحديثة على معرفة ما سيحدث إذا جُرِّب استعمال أحد الأدوية، حتى ولو كان من الأدوية التي ثبت فشلها في اختبارات سابقة عند المرضى قبل سنوات من إصابتهم بكثرة النسيان. وإذا لم تظهر التبدلات الدماغية المرافقة لداء ألزهايمر على التفاريس – ولم يبد المريض تبدلات معرفية – فقد يساعد هذا الدواء على درء خطر الإصابة بالمرض. وإن إمكانية التنبؤ بحدوث المرض عند متوسطي العمر من سكان أنتيوكيا الذين يحملون الطفرة پيسا عزز الاهتمام المتزايد باختيارهم للمشاركة في التجارب السريرية الهادفة إلى اختبار الاستراتيجيات الوقائية.

إن الشخص المحوري في هذه الأبحاث هو ‹F. لوپيرا›، وهو طبيب اختصاصي بالأمراض العصبية يبلغ من العمر 63 عاما، بدأ بدراسة عائلات أنتيوكيا قبل أن يفكر أحد في أن هذه العائلات ستصبح مهمة للبحث العلمي في داء ألزهايمر. لقد قضى ‹لوپيرا› سنوات مراهقته في ياروما‌ل Yarumal، وهي مدينة تعود إليها أصول العديد من العائلات التي تحمل طفرة پيسا. ويذكر ‹لوپيرا› أن بعض جيرانه في طفولته كانوا مصابين بالخرف وهم في أواسط العمر. وبعد أن أنهى ‹لوپيرا› دراسته بعد الدكتوراه في بلجيكا أواخر الثمانينات، أصبح مقتنعا بأن بإمكانه القيام بأبحاث علمية في كولومبيا بشكل أفضل مما لو بقي في أوروبا وتابع عمله في إحدى المؤسسات البحثية فيها. وفي ذلك الوقت عثر على أول عائلة يشك بإصابتها بالشكل الجيني من داء ألزهايمر. وفي عام 1987 عاد ‹لوپيرا› إلى كولومبيا حيث حصل على عمل كطبيب اختصاصي بالأمراض العصبية في جامعة أنتيوكيا، واستأنف دراسة العائلات المصابة بشكل مبكر من داء ألزهايمر.

وحاليا يرأس ‹لوپيرا› مجموعة العلوم العصبية في الجامعة. وقد أنشأ **سلاسل أنساب** genealogies تمتد عدة عقود عند ست وعشرين عائلة مصابة بالمرض. وقد واجه بحثه عوائق ما كان ليواجهها لو أنه بقي في أوروبا، ذلك أن المحافظة على الاتصال بتلك العائلات كان يتطلب أحيانا الاستعانة بقافلة عسكرية للمرور عبر المناطق التي يستعر فيها القتال بين الجيش الكولومبي وجماعات الثوار. وقبل نحو خمسة عشر عاما كان القيام بمثل هذه الرحلات في بعض الأوقات أمرا بالغ الخطورة.

إن حب الاستطلاع الأولي الذي أثارته العائلات التي بدا أنها مصابة بالشكل الجيني من داء ألزهايمر، تطور ليصبح بحثا علميا كامل الشروط. فقد توصل ‹لوپيرا› بالتعاون مع ‹S. كوسيك›، الذي كان حينذاك في جامعة هارڤرد، و‹A. گوت› [من جامعة واشنطن في سانت لويس] وغيرهما من الباحثين الأمريكيين، إلى تحديد موقع الجين الطافر بدقة على الكروموسوم (الصبغي) 14.

إن التركيز على الوقاية من المرض نجم عن النسبة الساحقة من الفشل الذي أسفرت عنه التجارب السريرية التي أجريت على مرضى داء ألزهايمر باستخدام علاجات مختلفة. فمن أصل 403 تجربة سريرية أجريت بين عامي 2002-2012، كانت النتائج فاشلة في أكثر من 99% منها. أما العلاجات القليلة التي حصلت على الترخيص باستعمالها تحت المراقبة، فقد

(*) THE VISION
(١) magnetic resonance imaging
(٢) positron-emission tomography

كدح يومي: تقضي ‹أليخاندرا›، 24 عاما، أيامها في العناية بأمها ‹يولاندا›، بينما تخصص جزءاً زهيدا من وقتها للاهتمام بابنتها ‹لونا› التي تبلغ تسع سنوات. وتقف ‹لونا› في هذه الصورة إلى جانب جدتها لالتقاط صورة بمناسبة تناولها العشاء السري لأول مرة (في اليسار).





أدت في بعض الأحيان إلى تحسن مؤقت في الأعراض، إلا أنها لم تؤد في نهاية الأمر إلى وقف فقد الذاكرة وغيره من القدرات المعرفية.

وقد أجبر هذا الفشل شركات الصناعة الدوائية والباحثين الأكاديميين على التفكير في إجراء تجارب سريرية على المرضى الذين كانوا بحالة سليمة. ومن المعتقد أن **العصبونات (النورونات)** neurons تبدأ بالانقراض، وتتوقف الاتصالات بين الخلايا الدماغية عن العمل، قبل أن تبدأ بالظهور أعراض داء ألزهايمر. ومتى بدأت اضطرابات الذاكرة بالظهور لم يعد بإمكان أي علاج إنقاذ المريض من هذا الداء.

إن العائلات الموسعة الست والعشرين هي الأفضل من أجل دراسة العلاجات الوقائية لأن ما يزيد على ألف فرد من أعضائها يحملون الطفرة پيسا، وهذا عدد كبير يوفر مجموعة كافية من المرضى للمشاركة في تجربة سريرية والحصول على نتائج ذات دلالة. والتنبؤ بالإصابة بداء ألزهايمر العائلي أمر ممكن في هذه الفئة من المرضى؛ لذلك يستطيع الباحثون العمل على فترة زمنية تمتد من 10 إلى 15 سنة إلى الوراء وحساب الوقت الذي يجب عنده البدء بإعطاء العلاج حتى يمكن إيقاف تطور المرض.

لقد انتشر صيت تلك العائلات الموسعة ما لفت إليها نظر **معهد بانر لداء ألزهايمر**[1] بمدينة فونيكس الذي حثّ شركات الأدوية الكبرى عام 2010 على الاهتمام بالموضوع وشجعهم على إجراء تجارب سريرية تهدف إلى الوقاية من المرض. وقد باشر معهد بانر بالاشتراك مع الشركة Genentech وجامعة أنتيوكيا بالعمل على تجربة سريرية مستخدمين دواء **كرينيزوماب** crenezumab، وهو ضد **وحيد النسيلة**[2] يقصد منه الارتباط **بشدفة**[3] سامة من **البروتين النشواني البيتائي**[4] – وإزالتها من الدماغ. وقد تلقى هذا المشروع أكثر من مئة مليون دولار من قبل الشركة Genentech ومعهد بانر والمعاهد الوطنية للصحة في الولايات المتحدة.

الاختبار[*]

دُعي هذا الاختبار **المبادرة الوقائية لداء ألزهايمر**[5]، وهو اختبار غير معتاد من عدة نواحٍ. فهو يُجرى خارج الحدود الآمنة لمركز طبي مهم في بوسطن أو في سان فرانسيسكو. كما أن ‹لوپيرا› وجامعة أنتيوكيا ليس لديهما اختبارات سابقة في إجراء تجارب سريرية من أي نوع – هذا إذا تجاوزنا موضوع تطبيق البروتوكولات الاختبارية التي لاتزال قيد التطوير لتحديد ما إذا كان الدواء المستخدم فعالا في وقف تطور الداء الذي يوصف في بعض الحالات قبل

(*) THE TRIAL
(١) the Banner Alzheimer's Institute
(٢) monoclonal
(٣) fragment
(٤) beta-amyloid protein
(٥) the Alzheimer's Prevention Initiative



دواء حقيقي أم دواء غفل؟ تستعد ‹أورفا› البالغة 36 عاما، لتلقي أحد هذين الدواءين. وتحصل ‹أورفا› دوريا على إجازة من عملها في حقول القهوة كي تذهب إلى جامعة أنتيوكيا حيث تشارك في المبادرة الوقائية لداء ألزهايمر.

خمسة عشر عاما من ظهور أعراض المرض. ويقول ‹لوبيرا›: «عادة، لايعتقد أحد أن بالإمكان إجراء مثل هذا الاختبار في أمريكا اللاتينية». إن معهد بانر كان واثقا بنا، ومن حسن الحظ أننا أثبتنا أن بإمكاننا العمل معهم بشكل جدّيّ، وكانت بداية هذا المشروع ناجحة بسبب هذه الثقة.

وفي نهاية عام 2013 بدأ فريق الباحثين بإعطاء الدواء إلى الأشخاص المشاركين في الاختبار وكان معظمهم في الثلاثينات أو الأربعينيات من العمر. ولايزال العمل جاريا لاختيار مزيد من المشاركين، والهدف النهائي هو إعطاء الدواء حقنا تحت الجلد لمئة شخص من حاملي الطفرة بيسا. (وهنالك أيضا فريقان آخران من المشاركين يعطون **دواء غفلا** placebo يتألف أحدهما من مئة شخص من حاملي الطفرة بيسا، ويضم الفريق الثاني مئة شخص ممن لا يحملون هذه الطفرة). ويخضع كل فرد من المشاركين لفترة اختبار مدتها خمس سنوات. وستحدد تفاريس الدماغ والبزل القطني ما إذا كان الدواء قد أوقف تزايد **النشوان البيتائي**(1) أم لا. وستبحث الاختبارات النفسانية عن تدنٍ معرفي.

وإذا تبين أن الكرينيزوماب قد عدَّل مسيرة الداء، فإن ذلك سيعد اختراقا في معالجة داء ألزهايمر. وستبدأ حينئذ التجارب لتحديد ما إذا كان الدواء ينجح في معالجة الأشخاص المسنين السليمين الذين لايحملون الطفرة بيسا، لكن تفاريس أدمغتهم تكشف وجود تبدلات **باثولوجية**(2) بدأت بالظهور حديثا جدا.

والعلاقات الطويلة الأمد التي أقامها ‹لوبيرا› وزملاؤه على مدى عدة عقود مع الست وعشرين عائلة المصابة بالمرض، كان لها دور رئيسي في اختيار المشاركين في الاختيار واستمرارهم بالتعاون مع المشرفين عليه. وقد أعطى وجود ‹لوبيرا› بشعره الطويل الأشيب المفروق من منتصفه صبغة عائلية على تعامله مع أفراد هذه الأسر. ففي الشهر 2015/11 الماضي عندما علم بأن بعض الصحفيين الذين زاروا ‹مدلين› يخططون لنشر أسماء أسر المرضى الذين قابلوهم، عارض بإصرار مخطط الصحفيين على الرغم من أنهم حصلوا على ترخيص بذلك. وقد أوضح ‹لوبيرا› أن مثل هذا العمل قد يلطّخ اسم الأسرة ويسيء إلى أفرادها بمن فيهم أولئك الذين لايحملون طفرة المرض، وقد يصبح من الصعب على أفراد هذه الأسر الحصول على تأمين صحي أو إيجاد رفيق للزواج.

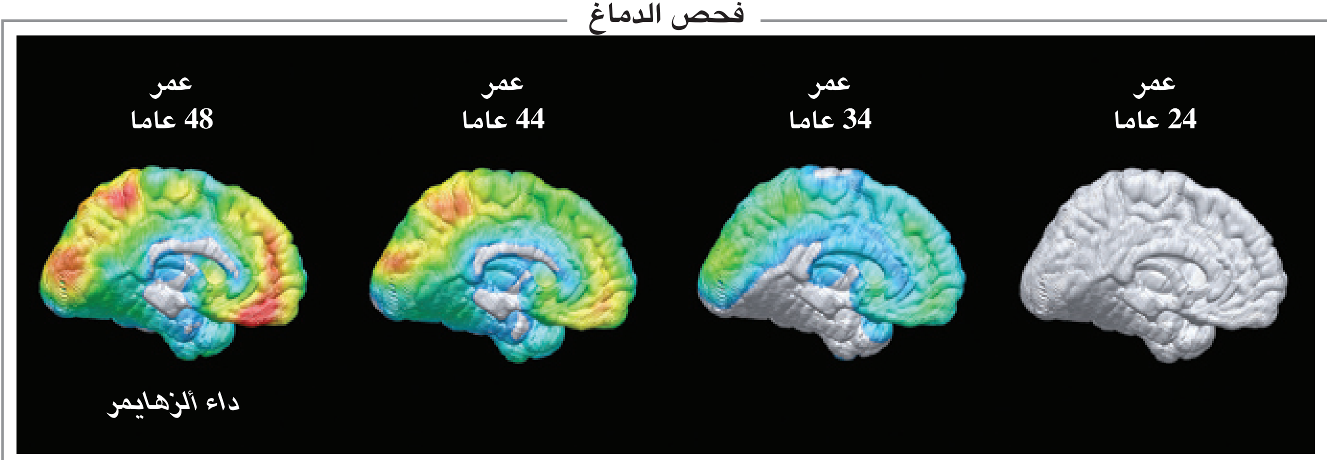
لقد تقبلت العائلات الكولومبية التي تمتد ذكرياتها عن أقاربها المصابين بالمرض على مدى عدة أجيال، فكرةَ الاختبار السريري بكل ارتياح. وتتوقع ‹شاهناز سليمان› [رئيسة المشروع في الشركة Genentech] أن يحضر المشاركون في المشروع إلى المستشفى لتلقي الحقن العلاجية بنسبة أعلى من المعتاد في الاختبارات التي تجرى في الولايات المتحدة وأوروبا، مع العلم أن كثيرا منهم يضطرون إلى السفر مسافات طويلة للوصول إلى مكان الاختبار.

وقد أكد المقيمون في أنتيوكيا اعتقاد السيدة ‹سليمان› ومنهم السيد ‹هوگو› الذي يبلغ من العمر أربعين عاما وكان يتولى في الشهر 2014/11 العناية بالأحصنة العائدة لبعض الأغنياء في بلدة الريترو(3). وكان ‹هوگو› يذهب كل أسبوعين إلى مدلين التي تبعد عشرين ميلا عن مكان إقامته كي يتلقى العلاج الذي يتألف إما من كرينيزوماب أو من دواء غفل. ولم يكن ‹هوگو› ولا الأشخاص الذين يعطون الحقن على علم بنوع الدواء المحقون.

ويقول ‹هوگو› إنه يدرك أهمية هذه الاختبارات السريرية حتى ولو اتضح له أن الدواء الذي يتلقاه هو دواء غفل. فقد توفي أبوه وجدّه من داء ألزهايمر وكذلك أربعة من أعمامه. ويتذكر ‹هوگو› أنه عندما أصيب والده بالداء كان هاجسه تلميع أحذية جميع أفراد عائلته طيلة اليوم، وكيف كان يهتاج بشدة إذا غابت زوجته عن نظره ثانية واحدة. إن هذا المرض صعب الاحتمال، وهو إرث يعود إلى زمن بعيد جدا وعلينا مواجهته ببسالة.

---

(1) beta-amyloid
(2) pathological، أو: مرضي.
(3) El Retiro



انتظار يقظ(*)

لقد أصبح من الممكن إجراء اختبارات سريرية للوقاية من داء ألزهايمر بسبب توافر تقنيات حديثة - تفاريس الدماغ، بزل السائل الدماغي الشوكي، اختبارات نفسية فائقة الحساسية - لتحديد ما إذا كان الداء يتطور قبل أن يصبح الشخص كثير النسيان. ويكشف شكل متخصص من التصوير المقطعي PET وجود تراكم نموذج مؤذٍ من البروتين النشواني البيتائي في أدمغة الحاملين للطفرة پيسا (النواحي الملوثة في الصورة العلوية) في أعمار مختلفة على مرِّ الزمن عند مصاب بداء ألزهايمر. ولا تشاهد ترسبات من النشواني البيتائي في أدمغة أفراد تلك العائلات من العمر نفسه إذا لم يكونوا حاملين للطفرة پيسا. ويكشف التصوير MRI المستخدم في الاختبار الكولومبي ما إذا كان تكمش الدماغ قد حدث قبل عشر سنوات من وضع التشخيص (في اليسار).



لقد منحت الاختبارات ‹هوگو› وأقرباءه بصيص أمل. «نحن مرتاحون جدا لأننا نأمل مع الدكتور ‹لوپيرا› بالحصول على نتائج إيجابية باستعمال هذه العلاجات، وقد تتوصل في نهاية الأمر إلى علاج شافٍ لأطفالنا.» وكان ‹هوگو› عندما نطق بهذه الأقوال جالسا على معقد في ناحية نزهة قربيا من الإسطبل. وكانت الكلاب تنبح بشدة، وكان ‹هوگو› يشبك ذراعه بذراع إحدى بنات أخيه التي أمسكت بذراع أختها من الطرف الآخر.

وعلى الرغم من العبء الثقيل الذي يكشفه التاريخ الطبي للعائلة، فإن ‹هوگو› والعديد من أفراد عائلته، الذين اجتمعوا في يوم كئيب من شهر 11، بدوا وكأنهم نموذج للمرونة النفسية. وكان أحدهم يذكّر الآخر بأحد التفاصيل المنسيّة التي يمكن أن تكون علامة باكرة على الإصابة بالمرض. وقد سألتُ ‹گوديلا› شقيقة ‹هوگو› التي تبلغ من العمر 47 عاما، عما إذا كانت قلقة من احتمال إصابتها بالخرف، فأجابت: «في الحقيقة، لست قلقة.» وقد قالت ذلك دون تردد وأضافت: «إن الشخص الذي يجب أن يقلق هو الذي عليه أن يعتني بي.» وقد أثارت هذه الإجابة ضحك الآخرين.

إن أول الدلائل عما إذا كانت الاختبار الكولومبي سيفيد الأشخاص الذين يحملون الطفرة پيسا، لن تظهر قبل عام 2018 - وسينتهي الاختبار في عام 2021. ولا توجد أية ضمانة على فعالية كرينيزوماب. فقد سبق أن فشل، في منتصف عام 2014، في تجربة سريرية في الولايات المتحدة عند مرضى مصابين بأشكال خفيفة إلى معتدلة من داء ألزهايمر. وقد بيّنت تحاليل إضافية للنتائج أن الاختبار ربما كان مفيدا بعض الشيء للمرضى في المراحل الباكرة من إصابتهم. ولهذا السبب يتابع الباحثون العمل على الاختبار الكولومبي ليروا ماذا سيحدث فيما إذا أعطي الدواء قبل مدة طويلة من ظهور أول أعراض المرض.

وإذا فشل كرينيزوماب في الاختبار الكولومبي، فلا يعني ذلك أننا فقدنا كل شيء. فهذا الاختبار هو أفضل اختبار

التتمة في الصفحة 35

(*) Watchful Waiting

الألم المُزمِن(*)

ألم حارق، وجع، ألم وامض، أيّاً كانت الصورة التي يأخذها؛ فإن **الألم المزمن**[1] يستطيع أن يتحدى العلاج. لكن تبصرات مستجدة في أسبابه يمكن أن تقودنا إلى أفكار حديثة لمكافحته.

<S. سوذرلاند>

«تأكد أنك تذهب إلى محل بقالة وليس إلى بيرگر كينگ،» هكذا أعطت <J. بوند> توجيهاتها إلى زوجها على هاتفه الجوال بينما كان يجري ليحضر لها مكعبات ثلج في إحدى ليالي عام 2012. «إن مكعبات الثلج خاصتهم تذوب بسرعة كبيرة،» وقد كانت <بوند> وقتها تبلغ من العمر 38 عاما وحاملاً في الشهر التاسع تقريبا وتحتاج إلى أكياس الثلج لتُبقي الماء باردا في الحوض الذي تضع قدميها فيه، وكانت قدماها حمراوتين ومنتفختين ومؤلمتين. وقد تعلمت أن تغطي قدميها بأكياس القمامة حتى لا يتسبب الماء البارد في إيذاء جلدها. وقبل بضعة شهور كانت <بوند> امرأة شابة صحيحة الجسم لديها عمل مكتبي في شركة تقوم بتركيب السخانات الشمسية، وتعيش حياة طبيعية تقريبا. وهي الآن، بالكاد تتخلى عن الراحة في الحوض المائي إلا للاستحمام «وهو الأمر الذي بات عذابا.»

و<بوند> التي تعيش في سانتا روزا بكاليفورنيا تعاني حالة تسمى **احمرار الأطراف المؤلم** (EM)[2] وهي مشتقة من اللغة الإغريقية «ألم الطرف الأحمر» – وفيها يتفاقم ألم حارق شديد في الأيدي أو الأقدام، وتصبح الأطراف المتألمة فائقة الحساسية حتى لدرجات الحرارة المعتدلة الدفء أو للضغط الخفيف. وفي أغلب المرضى، كما هي الحال مع <بوند>، تنشأ الحالة من دون تعليل (ليس لها أي علاقة معلومة بالحمل).

ومع أن المرض EM نادر، حيث يصيب فقط نحو 13 فردا من المليون نسمة، فإن الألم المزمن بأشكاله التي لا تعد شائع بصورة مدهشة وغالبا ما يكون منشؤه غامضا.

ويُقدَّر أن 100 مليون شخص في الولايات المتحدة يناضلون ضده، ويأتي في أكثر الأحيان على هيئة آلام في الظهر أو آلام المفاصل. وبنظرة شاملة، فإن الألم المزمن يصيب الأمريكيين أكثر من داء السكري والسرطان وأمراض القلب مجتمعة ويكلفهم أكثر أيضا؛ حيث تصل التكلفة تقريبا إلى 635 مليون دولار أمريكي سنويا على شكل رعاية طبية وفقد عمالة، وذلك طبقا لتحليل عام 2012. والقيمة من حيث المعاناة لا تقدر بثمن. فالناس الذين يعيشون هذه المأساة يواجهون خطرا متزايدا لإمكان حدوث الإعاقة، الاكتئاب، اضطرابات في المزاج والنوم، إدمان المخدرات والكحول والانتحار. و<L. پورتر> [استشارية في خطط معالجة الألم بالمعهد الوطني للأمراض العصبية والسكتة الدماغية، ومديرة مكتب المعهد الوطني لصحة سياسات الألم في بيثيسدا بولاية ميريلاند] تُسمي الألم المزمن «مشكلة صحة عامة كبرى لا نتعرفها أو نتعامل معها بالقدر الكافي.»

إن لوجود الألم غاية: فهو يقدم إلينا نظاما ذاتيا مدمجا

(*) PAIN THAT WON'T QUIT أو: «الألم الذي لا يزول».
(١) chronic pain
(٢) erythromelalgia

باختصار

يصيب الألم المزمن[1] أعدادا متزايدة من المرضى في الولايات المتحدة ويحمّلها أعباء مالية أكثر من السرطان وأمراض القلب وداء السكري مجتمعةً.

فالمخدرات الأفيونية وغيرها من الأدوية الموجودة حاليا تؤدي عملا ضعيف المستوى في تخفيف الكثير من الألم المزمن وقد تكون لها مخاطر شديدة.

إن اكتشاف السبل الجزيئية الخاصة بالألم قد أظهر أهدافا جديدة لتطوير الأدوية.

والمواد الموجودة في سموم الحيوانات هي ضمن تلك التي تختبر باعتبارها الجيل الجديد من مسكنات الألم.



المؤلفة

Stephani Sutherland

‹**سوذرلاند**› عالمة في الأعصاب وكاتبة علمية تقيم في جنوب ولاية كاليفورنيا.

فينا للتحذير من أي أذى في الجسم؛ فيجبرنا على انتزاع يدنا من على فرن ساخن قبل أن تحترق إلى درجة خطيرة، أو أن نتوقف عن المشي على رجل مكسورة. لكنه يستمر أحيانا مدة طويلة بعد غياب الخطر. ومع أن الألم المزمن قد ينشأ عن سبب غير مفهوم، فبصورة عامة يمكن تقسيم أسبابه إلى فئتين: **التهابي**[١] - كمثل ذلك الذي يسببه التهاب المفاصل العظمي - و**اعتلال عصبي المنشأ**[٢] الذي ينشأ عادة عن أذية أحد الأعصاب نتيجة لضرر أو مرض أو إصابة أخرى.

إن الألم المزمن يشتهر بأنه غالبا عصيّ على العلاج، ويمثل نمط الاعتلال العصبي تحديا بشكل خاص، وهذا يعود جزئيا إلى كون الأدوية المضادة للالتهاب مثل **الإيبوبروفين** ibuprofen و**نابروكسين** naproxen بالكاد تؤثر فيه. لذا، **فالمورفين** morphine وغيره من المخدرات الأفيونية هو القاعدة الذهبية لحالات الألم الشديدة قصيرة المدة، ولكن لها أعراضا جانبية تتراوح ما بين البسيطة مثل الإمساك والنعاس إلى كبت التنفس الذي يمثل تهديدا للحياة. إضافة إلى أن الأشخاص الذين يستخدمونها لفترات طويلة يتطور لديهم تدريجيا **تحمل** tolerance لهذه الأدوية ويحتاجون إلى جرعات أكبر منها مما يزيد من مخاطرها، فالإدمان على الأدوية وسوء استخدامها من القضايا المهمة التي ترافق استخدام **الأفيونيات**[٣]: فهناك عدد متزايد من الأمريكيين الذين يموتون بسبب جرعة زائدة من مسكنات الألم تلك الموصوفة طبيا، يفوق أعداد الذين يموتون بسبب جرعة زائدة من الكوكايين والهيروين مجتمعَين. أما الأدوية الأخرى التي تستخدم لعلاج الألم المزمن، فتشتمل على بعض يوصف أصلا لعلاج نوبات الصرع والاكتئاب، وهذه الأدوية أيضا لها حدودها وعليها قيود. ومع أن المخاطر المحتملة على طفلها الذي لم يولد بعد، فقد تلقت ‹بوند› خليطا من الأفيونيات، مضادات الاختلاج ومضادات الاكتئاب؛ لمساعدتها على النوم ولخفض التوتر النفسي المرتفع لديها بصورة خطيرة.

ولطالما استعصى الحصول على الأدوية الطبية الأكثر أمانا حتى على أعتى جهود العلم، غير أن ذلك قد بدأ بالتغير. فالاكتشافات الحديثة قد أتاحت الفرصة لسبل جديدة واعدة لتطوير الأدوية. «والباحثون الآن يحققون الكثير من التقدم بالتركيز على المسارات الجزيئية لإرسال إشارة الألم،» بحسب قول ‹پورتر›. «وهناك أمل.»

سباق التناوب[*]

ولفهم هذه الجهود الجديدة في السيطرة على الألم المزمن؛ فمن المفيد أن نعرف كيف ينشأ الألم. ويبدأ الألم **كمنبه** stimulus تكتشفه خلايا عصبية متخصصة تسمى **مستقبلات الأذى** nociceptors التي تنتشر مجساتها عَبر سطوح الجسم داخله وخارجه. والمثيرات التي قد تتلف الجسم - مثل الحرارة الشديدة الارتفاع أو الانخفاض، والقوة الميكانيكية أو مجموعة كاملة من التهديدات الكيماوية - تُنشط هذه النهايات العصبية. ومن ثم، فإن الإشارات التي تبعثها تلك النهايات تندفع سريعا بطريقة **الزمام المنزلق** zipping نحو أجسام الخلايا مستقبلات الأذى التي تستقر في بنى تُعرف **بالعقد**

(*) Relay Race
(١) inflammatory
(٢) neuropathic
(٣) opiates

مفاتيح لتلطيف الألم(*)

إن إشارات الألم التي تتولد نتيجة للحرارة أو غيرها من المحفزات تنتقل من النهايات العصبية في الجلد أو غيره من المواقع إلى بنى تسمى العقد الجذرية الظهرية(١) بالقرب من الحبل الشوكي، ومن ثم إلى الحبل الشوكي والدماغ. ولكنه يمكن للطفرات الجينية أو أذية الأعصاب أن تبدل سلوك جزيئات أساسية بامتداد المسار، بما في ذلك القنوات الأيونية، بطرق تؤدي إلى إزمان الألم. وعلى أمل تخفيف المعاناة يستهدف الباحثون الآن تلك الجزيئات الحاسمة بطرق شتى.

القناة TRPV1

1 تفتح القناة TRPV1 استجابة للحرارة فتدخل الجزيئات الموجبة الشحنة

2 التغيير الناشئ في القُلطية (الجهد الكهربي) للغشاء يفتح قنوات الصوديوم ذات البوابة الحساسة لفرق القُلطية

3 يثير تدفق الأيونات إشارات ألم تندفع صوب الحبل الشوكي بنمط الزمام المنزلق zip

القناة Na_V

قنوات مفرطة النشاط

وهناك جزيئات تسمى قنوات الأيونات توجد كجزء لا يتجزأ من غشاءات النهايات العصبية التي تكتشف المحفزات المؤلمة، وهي تفتح وتقفل ثقبا مركزيا استجابة للمحفزات. على سبيل المثال، فهناك قناة تسمى (TRPV1)(٢) تكتشف الحرارة، وعندما تفتح فإن الأيونات الموجبة الشحنة (الصوديوم بشكل أساسي) تندفع إلى الداخل فتعزز فرق قُلطية الغشاء. واستجابة لذلك، فإن قنوات الصوديوم الحساسة لفرق القُلطية (Na_Vs)(٣) تنفتح وتثير إشارة ألم إلى الحبل الشوكي. والشذوذات في القنوات Na_Vs و TRPV1 بإمكانها أن تسبب مزيدا من الإشارات ومن ثم مزيدا من الألم. والعناصر التي هي قيد الدراسة ربما تُنقِص من نشاط القنوات وبذلك توقف الإشارات الإضافية.

أسلاك متشابكة

وبعض الأعصاب التي تكتشف المدخلات الحسية تتخصص ببث الألم، وغيرها ينقل اللمس. وتبادل الحوار **cross talk** ما بين المسارين تنظمه خلايا في الحبل الشوكي تسمى ما بين العصبونات **interneurons** (باللون الأزرق). وهذا النظام غالبا ما يختل لدى البشر المصابين بالألم المزمن وعندئذ يعانون فرط الإحساس بالألم - ألم ناشئ عن مثيرات غير ضارة مثل اللمس الرقيق. وقد بَيّن البحث أن هذه الحالة يمكن أن تنشأ بعد أن يجرح العصب، عندما تحرر خلايا الجملة المناعية المعروفة بالخلايا الدبقية **microglia cells** الصغيرة إشارات كيماوية و هذه بدورها تؤدي إلى فقدان عصبونات الحبل الشوكي لجزيء مهم للتأشير الطبيعي. ويعمل مطورو الأدوية على طرق لإصلاح هذا الخلل وتلطيف فرط الإحساس بالألم.

ما بين العصبونات

خلية دبقية صغيرة

إلى مراكز اللمس في الدماغ

إلى مراكز الألم في الدماغ

التأشير ما بين عصبونات اللمس والألم

مدخلات حسية

عقدة جذر ظهرية

(*) Clues to Dampening Pain

(١) dorsal root ganglia

(٢) the transient receptor potential channel V1

(٣) voltage-sensitive sodium channels

الظهرية dorsal ganglia تتوضع خارج الحبل الشوكي مباشرة. ومن هناك تبث مستقبلات الأذى - بشكل متناوب - التهديد لعصبونات في الحبل الشوكي، وهذه بدورها تحفز شبكة الألم الدماغية الممتدة التي تتضمن المناطق المسؤولة عن التفكير والمشاعر (الأمر الذي يفسر لماذا قد تنجح **الأدوية الوهمية** placebos والإلهاءات في تلطيف الألم).

ومثل الإشارات العصبية كلها، تتسارع رسائل الألم من إحدى نهايتي العصبون إلى الأخرى عن طريق حدث كهربي يسمى **قوة التأثير** action potential يحدث بسبب تدفق **الأيونات** ions - الذرات المشحونة للصوديوم والبوتاسيوم - عبر غشاء الخلية. وتتحرك تلك الأيونات خلال ثقوب متناهية الصغر في الغشاء تسمى **قنوات الأيونات** ion channels، وتتركب هذه القنوات من بروتينات تمتلك القدرة على تغيير هيئتها بين الترتيب المقفل أو المفتوح. وفي نهايات مستقبلات الأذى تكتشف قنوات الأيونات المتخصصة التهديداتِ المحتملة مثل الحرارة أو الكيماويات التي تتأتى من الخلايا المتأذية القريبة. وعندما تنفتح تلك القنوات تغمر الأيوناتُ الموجبة الخليةَ وتغير بإتقان توازن **الفلطية (الجهد الكهربي)**[1] عبر الغشاء. وهذا التحول بدوره، يثير قنوات الأيونات الأخرى الحساسة لفروق فلطية نوعية. وعندما يفتح عدد كاف من قنوات الأيونات ذات البوابات الحساسة لفرق الفلطية، فإن تدفق الأيونات الناشئ يحرض قوة التأثير التي تنطلق بسرعة بامتداد طول العصبون - وهذا يشبه كثيرا ما يفعله الجمهور في استاد رياضي لعمل الموجة. وتبلغ قوة التأثير أوجها بتحرير ناقل عصبي في الحبل الشوكي، وهي رسالة كيماوية تنقل المعلومة إلى عصبون مجاور.

والكثير مما تعلمناه عن الألم في السنوات العشرين الأخيرة يركز على القنوات الأيونية: كيف تكتشف الإشارات مثل الحرارة وتلف النسيج؟ وأي تلك القنوات نحتاج إليها لنقل إشارة الألم، في مقابل تلك التي تؤدي أدوارا مساندة؟ وأيضا - وربما كان السؤال الأكثر إلحاحا - أي تلك القنوات يجب أن نستهدفه لإسكات إشارات الألم غير المرغوب فيها بطريقة آمنة؟

لقد أدرك الباحثون وشركات الأدوية منذ زمن طويل أن **حصار** blocking قنوات الصوديوم في النهايات العصبية يخفف الألم - فالمخدرات الموضعية قصيرة المفعول مثل **الليدوكائين** lidocaine و**النوفوكائين** novocaine، على

«يحرز الباحثون الكثير من التقدم الآن بالتركيز على المسارات الجزيئية لإشارة الألم،» بحسب قول <J. پورتر>، «هناك أمل».

سبيل المثال، تسد قنوات الصوديوم لتخدر، ليس الألم فقط، وإنما أيضا الإحساس كله حيثما تم تطبيقها. وقد وُجدت في الإنسان والحيوانات اللبونة الأخرى تسعة أنماط من قنوات الصوديوم ذات البوابات الحساسة لفرق الفلطية، كل منها يفتح استجابة لفلطية تختلف عنها قليلا. و**حصارها** blockade جميعا قد يكون له تأثير مخرب لأن قنوات الصوديوم موجودة في جميع الخلايا العصبية في الجسم وفي النسج الأخرى متضمنة الدماغ والقلب، فحصارها بغير تمييز قد يتعارض مع الإشارات التي تنشأ عنها ضربات القلب والتنفس والحركة. لذلك، ولسنوات طويلة، بحث العلماء عن الكأس المقدسة: قنوات الصوديوم المنحصرة في الخلايا التي تستشعر الألم في الجسم.

وفي أواخر تسعينات القرن العشرين اقترب الباحثون من هدفهم باكتشاف ثلاث من قنوات الصوديوم ذات البوابات الحساسة لفرق الفلطية التي تظهر فقط في الشبكة العصبية المحيطية (مقابل تلك الموجودة في الحبل الشوكي والدماغ)، حيث المكان الذي تبدأ منه إشارات الألم، وقد صنفت إلى $Na_V1.7$ و $Na_V1.8$ و $Na_V1.9$، والثلاثة جميعها تحيلها غالبا إلى مستقبلات الأذى وبعض العصبونات المسؤولة عن الإحساس ("Na" تعني صوديوم و"v" تعني فرق الفلطية، والرقم يدل على موضعها ضمن عائلة القنوات التسع المعروفة). وبمجرد تعرف الجينات التي **تكود** encode القنوات، أمكن للباحثين أن يتلاعبوا ببراعة بنشاط القنوات في الحيوانات المخبرية. وعلى مدى السنوات العشر التالية أكدت الاختبارات، على الأقل في الفئران، أن تهدئة مجموعة القنوات Na_V الحسية يمكنها أن تلطف الألم العصبي المنشأ.

وبحلول عام 2000 رأى الباحثون أن القنوات Nav هي أهداف واعدة لتطوير الدواء، غير أن شركات الأدوية احتاجت إلى أدلة أبعد من حيوانات التجارب لتسويغ القيام باستثمار كبير. وقد أتت تلك البيانات من أربع مقالات جوهرية تربط القناة $Na_V1.7$ بالألم لدى البشر. ففي عام 2004 وجدت مجموعة عمل في بكين، **طفرات** mutations في جين القناة $Na_V1.7$ في أسرتين صينيتين لديهما **نمط وراثي**[2] من مرض احمرار الأطراف المؤلم - حالة <بوند> تطورت تلقائيا أثناء الحمل. وفي عام 2005 أكد <S. واكسمان> و<S. ديب-حاج>،

(1) voltage
(2) inherited form

[من كلية طب جامعة ييل وإدارة شؤون المحاربين القدامى في نظام الرعاية الصحية لولاية كونيكتيكت]، أن تلك الطفرات أدت إلى زيادة نشاط القناة Na$_V$1.7 التي قد تسبب الألم. وبعيد ذلك، ذكر ‹J. وود› [من كلية طب جامعة لندن] حالة أخرى هي اضطراب نوبات الألم الشديد تسبب ألما في المستقيم والعينين والفك السفلي وتنشأ أيضا عن زيادة نشاط القناة Na$_V$1.7 الطافرة. والأمر الحاسم أن ‹G. وودز› و‹J. كوكس›، وكلاهما من جامعة كامبريدج، قد بيّنا في عام 2006 أن الطفرات في القناة Na$_V$1.7 التي محت وظيفتها قد أزالت كل إحساس بالألم، فأوجدت حالة نادرة وخطرة غالبا ما تؤدي إلى الوفاة نتيجة الأذيات التي لا يشعر بها المريض. ومعا، فإن هذه الاكتشافات في الحالات الجينية غير العادية أكدت أهمية القناة Na$_V$1.7 في إحساس الألم لدى البشر.

لقد تحرى ‹واكسمان› أمراضا جينية نادرة لأنها، بحسب قوله، قد تكون مفيدة كـ«مؤشرات لمسارات مرضية قد تكون أكثر شيوعا.» وفي عام 2012، قام مع معاونيه في هولندا بهذه الوثبة نحو حالة أكثر شيوعا. فاعتلال الأعصاب قصيرة الألياف المتعدد هو وسم عام يستخدم لوصف تلف يصيب الأعصاب التي تحس الألم في الأطراف، الأيدي أو الأقدام غالبا. ونحو نصف عدد المرضى الذين شخصت لديهم هذه الحالة كان لديهم سبب محدد لتلف الأعصاب يمكن تعرفه، مثل داء السكري، أما في النصف الآخر، فإن سبب الألم يبقى غامضا. وقد فحص ‹واكسمان› ومعاونوه الهولنديون **الدنا** DNA من المرضى الذين ليست لديهم أسباب محددة ووجدوا طفرات في الجينات التي تخص القناة Na$_V$1.7 في قرابة 3% منهم، وتحورات طفرات في القناة Na$_V$1.8 في 9% و طفرات في القناة Na$_V$1.9 في 3% آخرين. وقد وجدت مجموعة ‹واكسمان› أيضا أن البشر المصابين بالألم المزمن نتيجة لتلف الأعصاب العصبية لديهم عدد مرتفع من القنوات Na$_V$1.7 في الأعصاب التي تضررت.

وكانت تلك المعطيات كافية لشركات الدواء لتتبع قنوات الصوديوم الحسية النوعية بجدية. ولسنوات عديدة استمرت الشركة Pfizer بتطوير أدوية تستهدف القناة Na$_V$1.7 والقناة Na$_V$1.8، ومع أنه من المبكر جدا أن نقول متى يمكن أن يتاح علاج جديد لتخفيف الألم، فإن العديد منها يتم اختباره على المرضى حاليا، كما أبلغنا ‹N. كاسيل› [من الشركة Neusentis، وهي وحدة أبحاث الشركة Pfizer للألم والاعتلالات الحسية في ديرهام بكارولينا الشمالية]. وخلافا للأدوية القديمة مثل الليدوكائين، فإن هذه الجزيئات الجديدة لا تستهدف **المسام** pores الرئيسة لقنوات الصوديوم التي هي متطابقة تقريبا من نوع فرعي إلى آخر. وبدلا من ذلك، فإنها تعمل على منطقة من القناة تستشعر فرق الفلطية وتختلف من قناة إلى أخرى مما يعطيها مزيدا من الخصوصية ويفترض أن يجعلها أكثر أمانا. وفي عام 2003 سجلت مجموعة ‹كاسيل› اكتشاف مادة كيماوية تصيب انتقائيا **مستشعرات فرق الفلطية (الجهد الكهربي) للقناة Na$_V$1.7**[2]. ومثل تلك الجزيئات، كما يقول ‹كاسيل›، «لها انتقائية عالية جدا،

نتائج

لماذا أنا؟(*)

عوامل متنوعة تفسر لماذا يكون بعض الناس أكثر عرضة للألم المزمن بالنسبة إلى غيرهم.

خذ عشرة من البشر الذين يعانون أذية الظهر نفسها في حادث سيارة: ثلاثة منهم سينتهي بهم سوء الحظ بألم مزمن نتيجة لذلك، أو خذ عشرة أشخاص مصابين بداء السكري: قرابة النصف ستتطور لديهم أذية بالأعصاب أو اعتلال عصبي، ولكن الأذى سيسبب ألما مستمرا فقط في ثلاثة منهم. فما هي العوامل التي تجعل بعض الناس سريعي التأثر والآخرين يصمدون؟ فهذا السؤال لم تتم الإجابة عنه تماما حتى الآن، غير أن الأبحاث تشير إلى ثلاثة مؤثرات رئيسة يبدو أنها تعمل في تناغم:

البنية الوراثية Hardwiring: الجينات تساعد على تعيين مدى حساسية واحتمال الفرد للألم، وبعضها يرجح كفة الميزان نحو قابلية غير معتادة للألم المزمن. وأحد أكبر العوامل الجينية هو النوع، فمن الأرجح أن يتطور الألم المزمن لدى النساء أكثر منه لدى الرجال بامتداد مسار العمر.

التجارب Experience: التوتر والإصابات والإيذاء البدني – سواء كان جسديا أم عاطفيا – قد يزيد الخطر. فالدراسات تقترح أن هذه التجارب قد تسبب تغيرات طويلة الأمد في النشاط الجيني، فتشغل أو تعطل الجينات التي تؤثر في مسارات الألم. وفضلا عن ذلك، فإن خطورة الألم المزمن تزداد مع العمر ليس فقط بسبب **الاهتراء والتمزق** wear and tear ولكن من المحتمل أيضا بسبب أن قدرة الجسم على إصلاح الأذى – بما في ذلك تلف الأعصاب – تقل عندما نتقدم في العمر.

الشخصية Personality: بعض الصفات الشخصية **تحرف** skew الخطر. فالمتشائمون وكثيرو القلق وأولئك الذين **يتوقعون الكوارث** catastrophizers (مثل شخصية «دبي داونر»[1] في عرض ليلة السبت على الهواء) هم أكثر عرضة للمعاناة. و**الدارات الكهربائية الدماغية** brain circuitry المتورطة في التحفيز والمكافأة يبدو أيضا أنها تؤثر في القابلية للألم.

(*) WHY ME?
(1) شخصية كوميدية؛ وفي عرض على الهواء تثير الضحك لشدة توقعها للكوارث وتسبب الإحباط للآخرين.
(2) the Na$_V$ 1.7 voltage sensors

ولذا لا تؤثر في وظيفة القلب أو العضلات» - على الأقل ليس في الاختبارات المبكرة.

وفي أثناء ذلك، فإن فريقا في جامعة ديوك كان يستهدف أيضا القناة $Na_V1.7$ ولكنهم كانوا يفعلون ذلك **بضد** antibody - جزيء مستمد من الجملة المناعية. وبحسب دراسة نشرت في الشهر 2014/6، فإن الضد يخفف كلا من الألم الالتهابي والعصبي في الفئران، كما يخفف من الحكة، الأمر الذي يجعل تلك المقاربة ثلاثية المفعول في مجال الراحة. والباحثون أثناء استكشافهم قدرة مكونات معينة في السموم للعمل على القناة $Na_V1.7$ قد حالفهم بعض الحظ أيضا [انظر الإطار في الصفحة 24].

إحماء(*)

وليست قنوات الصوديوم وحدها هي نقطة الهدف. فهناك قناة أيونية أخرى تسمى **القناة المستقبلة العابرة للجهد V1** (TRPV1)[1] تشتهر بأنها تُفعَّل بدرجات الحرارة الساخنة و**بالكاپساسين** capsaicin، وهي المادة الكيماوية التي تعطي الشعور الحارق عند تناول الفلفل الحار، ويكاد يقتصر وجودها على الخلايا التي تحس بالألم. ومنذ أن اكتشف ‹D. جوليوس› وزملاؤه في جامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو، جين القناة TRPV1 الخاص عام 1997، فقد أخذت الباحثين الحميّة في تعقب أثر الجزيئات التي يمكنها إسكات إشارات الألم عن طريق إغلاق هذه القناة.

«صارت القناة TRPV1 في حد ذاتها هدفا واعدا (ولكنه مخادع إلى حد بعيد) طوال تلك المدة،» كما تقول ‹پورتر› [من المعاهد الوطنية الصحية الأمريكية (NIH)]. فالحاصرات الباكرة التي أقفلت تلك القناة كانت لها آثار لا يمكن التحكم فيها، مثل ارتفاع حرارة الجسم وعدم الإحساس بالحرارة التي قد تسبب حروقا. وهذه القناة التي تستشعر الأحماض وسموم العناكب والمواد التي تسبب الالتهاب قد ظهر حديثا أنها مكان دمج معقد للإشارات الحسية. «والدواء الأمثل لا يشوش على قدرة **قلب** core القناة على الإحساس بالحرارة،» كما يقول ‹جوليوس›، بل يتعين عليه فقط أن يهدئ قناة مفرطة في النشاط.

وقد أخذ فريق ‹جوليوس› خطوة إلى الأمام في الشهر 2013/12 عندما نشروا أول صور عالية الدقة لبنية القناة TRPV1 في حالاتها المختلفة. وهذه المعلومة لابد أن تساعد الباحثين على تصور طريقة ما لسد القناة فقط عندما تتخذ هيئتها التي ينشأ عنها الألم.

ألم، يساء تفسيره(**)

معظم البشر الذين لديهم ألم عصبي يعانون سماته الثلاث المميزة: فرط الإحساس بالمؤثرات المؤلمة؛ ألم عفوي يضرب من حيث لا نعلم؛ **فرط الإحساس بالألم** allodynia، وهي تجعل المريض يحس بالألم نتيجة للمسة غير مؤذية. (فرط الإحساس بالألم يجعل انطلاق الماء من الدش يحس وكأنه تعذيب للسيدة ‹بوند›). وبينما ساعدت الأبحاث في قنوات الأيونات على تفسير فرط الإحساس، أوضح مسار آخر للتحري كيف ينشأ فرط الإحساس بالألم. ففي الحالة الطبيعية تنتقل إشارات الألم والإشارات غير المؤلمة بامتداد مسارات منفصلة من الأعصاب في الجلد إلى الحبل الشوكي ومن ثم إلى الأعلى للدماغ، ولكن في حالة فرط الإحساس بالألم فإن الإشارات تتقاطع في الحبل الشوكي: العصبونات التي تستشعر اللمس تفعل مسار الألم.

وبشكل أساسي، أمكن تعرف كيفية حدوث الخطأ من قبل باحثين في اليابان ومن قبل مجموعتين من كندا واحدة بقيادة ‹E. دي كونينك› [من معهد الصحة النفسية في جامعة كيبيك] وأخرى بقيادة ‹M. سالتر› [من مستشفى الأطفال المرضى في تورونتو]. ففي دراسات أجريت على الحيوان وجد الباحثون أنه استجابة لتلف العصب، فإن الخلايا الدبقية الصغيرة، خلايا الجملة العصبية المناعية التي تشبه الباكمان[2]، تحرر إشارة تؤدي إلى أن تختزل عصبونات الحبل الشوكي مجموعتها التامة من **جزيئات ناقلة للحديد** تسمى KCC2 (KC تعني **كلوريد البوتاسيوم** potassium chloride). ويعمل هذا الناقل على الحفاظ على التوازن الدقيق لأيونات الكلورين داخل الخلايا وخارجها. وتحت الظروف الطبيعية، فإن الخلايا العصبية الصغيرة في الحبل الشوكي التي تسمى **ما بين العصبونات** interneurons تنظم الاتصالات ما بين مسارات الإحساس المؤلم والإحساس غير المؤلم. إنها تمنع إحساس اللمس العادي من أن يسبب ألما، لكنها تسمح للحركة النظامية المتكررة الملطفة **كالتمسيد**[3] بأن تخفف الألم مؤقتا. وعندما تفقد عصبونات الحبل الشوكي الجزيئات KCC2، فإن هذه الاتصالات **تصير منحرفة** goes awry وقد يثير اللمس الرقيق ألما. وتوصل الباحثون إلى نظرية أنه إذا أمكن استعادة منسوب الجزيئات KCC2، فإن الإشارات غير المناسبة قد تتوقف.

وفي الشهر 2013/11 قدم ‹دي كونينك› وزملاؤه تقريرا باكتشاف مركب يدعم نقل الكلوريد خلال الجزيئات KCC2.

(*) HEATING UP
(**) PAIN, MISINTERPRETED
(١) the transient receptor potential channel V1
(٢) لعبة ڤيديو فيها كريات أكولة تبتلع كل ما يصادفها.
(٣) soothing = التسميد: من الفعل سمّد ويعني ألهى عن (المعجم الوسيط).

استخدام اللدغة في إزالة الألم(*)

قد تقدم جزيئات السُّم بدائل للأدوية الأفيونية التي تسبب الإدمان.

مُسكِّنات الألم: إن سم المئينية الصينية ذات الرأس الأحمر يحتوي على مركب يستطيع أن يخدر الأعصاب دون أن يسبب أذية لبقية الجسم.

عندما يستنزف <G. كينگ> **المئينيّة**(1) centipedes، فإنه لا يسعى إلى غذاء، إنه يستنزف سمها، وهي ليست بالمهمة البسيطة. «إننا نُثبتها بأربطة مرنة ونحضر زوجا من الملاقط الكهربية إلى **كلابيها** pincers ويطلق قلطية (جهدا كهربائيا) معينة فتقوم بإطلاق سمها،» كما يقول <كينگ> [كيميائي حيوي من جامعة كوينزلاند في أستراليا].

والميكرولترات من السـائل قد تحمل مفاتيح لمجموعة جديدة من الأدوية الملطفة للألم. فالسـموم هي مخزن طبيعي لجزيئات مخدرة للأعصاب، ومع 400 نوع مختلف من السم في مختبره، فإن <كينگ> يقف في الصفوف الأمامية لجهود تعرّف مسـكنات الألم في لسعة المئينيات والعناكب والقواقع وغيرها من **الوحوش** beasts السامة.

ومازالت شركات الأدوية الكبيرة تناضل لتصنيع بدائل لمسكنات الألم التي تسـبب الإدمان مثل المورفين ولكنها عانت مشكلات لعمل جزيئات تستقر على الأعصاب المعينة التي تحتاج إلى أن تستهدفها. ومع ذلك، فالسموم قد تطورت بشكل طبيعي، بحيث تحتوي جزيئات لها على هـذا القدر من الخصوصية. وفي الحيوانات المخبرية، فإن هذه الجزيئات تخدر الأعصاب دون أن تؤذي باقي الجسم. والأهداف التي يسـتهدفها الباحثون تسـمى **قنوات أيونات الصوديوم ذات البوابة الحساسـة لفـرق القلطية (الجهد الكهربي)**(2) التي تكون شائعة لدى الخلايا العصبية المستشعرة للألم. إن سد نوع معين من القنوات، يعرف بالقناة $Na_V1.7$، يمنع الخلية من تمرير رسالة ألم إلى أجزاء أخرى من الجسم، كما سبقت مناقشته في المقالة المرافقة.

وهناك مكونات سـم معينة لها تماما الشكل والنشاط الكيميائي لتغلـق بإحكام جزءا من القناة يسـمى **مستشـعر القلطية (الجهد الكهربـي)** voltage sensor، وهذا الفعل بدوره يقفل القناة. وفي عام 2013 تعرف <كينگ> جزيئا سـمّيًا يدعى **m-SLPTX-Ssm6a** بدا أنه واحد من أكثـر مثبطات القناة $Na_V1.7$ انتقائيـة على الإطلاق. لقد وجدها في **سم المئينية الصينية ذات الرأس الأحمر** (Scolopendra subspinipes mutilans)، والتي يمكنها أن تنمو حتى 20 سنتيمتراً في الطول ولها زوج من المخالب الشـديدة التي تشبه الكماشة. «إذا ما ظفرت بك، فإنها ستؤذيك،» بحسب قول <كينگ>. ومع ذلك، فإن لهذه الجزيئات تأثيرا معاكسـا تماما في الفئران المتأذية؛ حيث إنها في التجارب قد اعترضت سـبيل الألم أفضل من المورفين. غير أنها لم تكن لها آثار غير مرغوب بها على ضغط الدم أو معدل ضربات القلب أو الوظيفة الحركية؛ مما يدل على أنها لم تكن تثبط الجملة العصبية المركزية، كما قد تفعل المخدرات الأفيونية مثل المورفين.

أنتج فريق <كينگ> نسخة اصطناعية لمعرفة ما إذا كان الجزيء من الممكن إنتاجه كدواء. ولكن من أجل إفزاع الباحثين، فإن النسخة لم تعمل كذلك. فقد تشـكك <كينگ> في أن التحضيرة الأصلية التي صنعوهـا من الجـزيء m-SLPTX-Ssm6a احتـوت فعلا على **آثار** traces مـن عنصر فعال آخر، وهو يعمل الآن على جولة إضافية من استنزاف المئينية للبحث عن العنصر الغامض.

وسـم الأفعى هو أيضا مصـدر للحاصرات الانتقائية للقنـوات. فقد قامـت <A. بارون> [صيدلانية في معهـد علم الأدوية الجزيئية والخلوية في فرنسـا] بعزل جزيئين اثنين يُسكِّنان الألم من سـم **أفعى المامبا السـوداء** black mamba. «ونحن تقريبا جاهزون لإجراء تجربة سـريرية، وقد أجرينا الكثير من اختبارات الحيوانات على القوارض لتقييم سميتهما،» كما تقول <بارون>. و**المامبالجينات** mambalgins، كما تسمى الجزيئات، تسد مجموعة معينة من القنوات الأيونية التي تستشعر الأحماض في خلايا الأعصاب الطرفية والتي، كما في قنوات الصوديوم، تساعد الخلايا على إرسال إشارات الألم. ولحسن الحظ، فإن المامبالجينات ليس لها أي تأثير في معظم القنوات الأيونية الأخرى، الأمر الذي قد يفسـر لماذا لـم يَحْدث لدى الفئران التي حقنت بتلك المركبات أيُّ عرض جانبي واضح.

إن الاسـتهداف المتقن الدقيق للخلايا العصبية ليس هو الغاية الوحيدة لأبحاث السـموم، بحسب قول <D. كريك> [كيميائي حيوي فـي كوينزلاند]. فإذا ما ابتلعنا جزيئات السـم كحبوب للألم، فإنها تحتاج إلى أن تقاوم الانحلال بسبب الجملة الهضمية. وفي عام 2004 أقرت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية مُسكِّنا للألم يسمى **زيكونوتيد** ziconotide يعتمـد على جزيء معزول من قوقع مخروطي سـام هو Conus victoriae. ولكن هـذا الدواء لم يتحمل تقلصات المعدة، لهذا كان مـن الضروري أن يحقن بالضخ ببطء في المرضى، وهي عملية مرهقة، «لم تكن مبيعات زيكونوتيد كبيرة،» بحسب قول <كينگ>.

لقد بدأ <كريك> بإعادة هندسة مُسكِّنات الألم المستمدة من سموم القوقع المخروطي. وتعتمد اسـتراتيجيته على تحويل الجزيئات التي هي في طبيعيا سلاسـل من الأحماض الأمينيـة إلى حلقات. فالحلقات هـي هياكل أكثـر ثباتا بكثير - **إنزيمات** enzymes في الجسـم لا تسـتطيع أن تقصَّ النهايـات. لقد قام بجـدل النهايات مع بعضها وأعطـى جرعات من الحلقـات للجرذان عبر الفـم. والمركبات التي أطلق عليها cVc1.1 اتضح أنها أكثر فعالية 100 مرة عن **الگابابنتين** gabapentin، وهو علاج شائع لألم الأعصاب. وفي وقت مبكر من عام 2014، وفي اجتمـاع الجمعية الأمريكية الكيميائية في دالاس بولاية تكساس، كشف النقاب عن خمسة سموم حلقية الشكل إضافية من سم القوقع المخروطي أظهرت ثباتا في الدراسات المبكرة.

ومع عشـرات الآلاف من الأصناف السـامة فـي العالم، يعتقد الباحثون أنها فقط مسـألة وقت حتـى يعثروا على مركب قادر على إصابة هدفـه الصحيح، وكذلك قوي البنية ويمكـن إنتاجه بكميات وافرة. «ربما نحن نعرف واحدا في المئة فقط من المنتجات التي توجد في تلك السموم،» بحسب قول <بارون>.

<M. پيپلو> كاتب علمي يقيم في لندن.

(*) Taking the Sting Out of Pain

(1) الحريش؛ أم أربع وأربعين.

(2) voltage-gated sodium ion channels

وهذا الدواء يستعيد توازن أيونات الكلوريد والوظيفة الكهربية فــي عصبونات الحبل الشــوكي. وفضلا عن ذلــك، فإنه يخفف علامات الألــم العصبي في الجرذان. وقد كان معزز الجزيئــات KCC2 آمنا وخاليا من الآثار الجانبية في الحيوانات حتى مع الجرعات المرتفعة.

ومــع أن العمــل تم إجــراؤه حتى الآن على الحيوانات، فإن جوانب معينة من ناقل الجزيئــات KCC2 تجعــل منــه هدفا جيدا بصورة اســتثنائية للمعالجات في البشر. وخلافا للأدوية الأخــرى التي تثبط قنوات الأيونــات بالجملة، فإن عامــل تعزيز النقل هــذا يمكنه - على ســبيل المثال - أن يؤثر فقط في الخلايا التــي بها هذا الخلل، كما يقــول ‹دي كونينــك›. أما الخلايا التي بهــا الجزيئات KCC2 فعالة، فســوف تســتمر بالعمل كالمعتاد، ولن يفرط الدواء في تحفيز نشاطها. وتشير التجارب إلى أنه عوضا عن تغيير كيفية تصــرف الجزيئات KCC2، فإن الدواء يوجه المزيد من الناقلات إلى ســطح الخلية. وإن فهــم المزيد عن كيفية عمل موجه حركة المرور ذاك؛ سيكون حاسما لتطوير مسكنات ألم آمنة وفعالة.

إضفاء الطابع الشخصي على علاج الألم(*)

يعتقد معظم الباحثين أن مســتقبل الدواء ســيكون له طابع شــخصي، بمعنى أن جينات الفرد وحساســيته الشخصية للدواء ســتعين أفضل مســار للعلاج وأكثر الســبل ضمانا لمنــع المرض. وفي مجال التعامل مع الألــم المزمن، فإن هذا المســتقبل بدأ يلــوح في الأفق. «نحن نــود أن نكون قادرين علــى أن نروي ما الخطــأ الذي حدث مــع كل مريض على حدة، ثم نقول 'حســنا، أنت تحصل على هــذا الدواء بينما أنت تحصل على ذلك الــدواء الآخر'،» كما يقول ‹D. بينيت› [عالم الأعصاب في جامعة أكســفورد]. إلا أن العلاج حتى في أفضل مراكز علاج الألم إلماما به يميل إلى الاعتماد، إلى حد بعيد، على التجربة والخطأ.

ومع ذلك، فالمرضى الذين لديهم طفرات نادرة في القنوات Nav يســاعدون الآن علــى إظهار كيفية جعــل علاج الألم ذا طابع شــخصي. وعلى ســبيل المثال، فإن معظم البشر الذين يعانــون ألما به حارقــا في الأطراف نتيجة **احمــرار الأطراف المؤلم** بســبب طفــرة وراثية في القناة $Na_V1.7$ لا يســاعدهم دواء **الكارباميزابــين** carbamazepine، وهو دواء لعلاج نوبات

يعتقد معظم الباحثين أن مستقبل الدواء سيكون له طابع شخصي. وفي مجال التعامل مع الألم المزمن، فإن هذا المستقبل بدأ يلوح في الأفق. فالعلاج، حتى في أفضل المراكز الطبية، يميل إلى الاعتماد إلى حد بعيد، على التجربة والخطأ.

الصرع يستخدم أحيانا لعلاج الألم. ومع ذلك، فإن إحدى الأســر التــي لديها هذه الحالة كانت لديها طفرة معينة (هناك أنماط عديدة) تسببت في إحداث استجابة جيدة لهذا الدواء. وبدراســة التركيب الجزيئي ووظيفة القناة الطافرة لدى الأســرة، تمكن ‹واكســمان› و‹ديب-حاج› من فهم كيف هدّأ الكاربامازبين من فرط نشاط القناة، وبعــد ذلك تمكنا من التنبــؤ بدقة من أنه ســيكون فعــالا أيضا مع طفــرة مختلفة قليــلا. وهذه الاكتشــافات مثيــرة، كما يقول ‹واكســمان›، لأنهــا ترجح أن بناء العلاج على أســاس البنية الجينية للفرد «ليس أمرا غيــر واقعي» لمرضى احمرار الأطــراف المؤلم الوراثــي ولأولئك الذين يعانون حالات من الألم أكثر شيوعا.

وبالنسبة إلى ‹J. بوند›، فإن الأعراض لديها توقفت فجأة قبل ولادة طفل ذكر صحيح قبل الموعد ببضعة أسابيع. وعلى نحــو غير متوقع، فإن حُقــن **الســتيروئيدات** steriods التي أعطيت بهدف مساعدة رئتي الجنين على النضوج عملت مثل التي كان لها مفعول السحر بالنسبة إلى أمه. «لقد استيقظت في منتصف الليل، ولم تؤلمني قدماي - وهو ما لم يحدث لمدة تزيد على ســتة شــهور،» كما تذكر ‹بوند›. ولم يستطع أحد أن يفسر لماذا. لقد عاودتها الأعراض ولكنها لم تكن قطّ بمثل الشدة السابقة نفســها التي عانتها أثناء الحمل. «إذا وقفتُ على قدمي لمدة طويلة، فسيكون لهذا مردود مباشر: سأعاني الألم، ولكنني ســأتدبر الأمر، مــن دون أن أتعاطى أي دواء، وهذا أمر مدهش. كم أحب لو أنني شفيت،» كما تذكر ‹بوند›. وكذلك، فإن الباحثين في مجــال الألم يحبون أيضا أن يأتوا بالشفاء لـ‹بوند› وللملايين كثيرة مثلها. ■

(*) PERSONALIZED PAIN TREATMENT

مراجع للاستزادة

Black Mamba Venom Peptides Target Acid-Sensing Ion Channels to Abolish Pain. Sylvie Diochot et al. in *Nature*, Vol. 490, pages 552–555; October 25, 2012.

Discovery of a Selective $Na_V1.7$ Inhibitor from Centipede Venom with Analgesic Efficacy Exceeding Morphine in Rodent Pain Models. Shilong Yang in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 110, No. 43, pages 17,534–17,539; October 22, 2013.

Pain Vulnerability: A Neurobiological Perspective. Franziska Denk, Stephen B. McMahon and Irene Tracey in *Nature Neuroscience*, Vol. 17, pages 192–200; February 2014.

Regulating Excitability of Peripheral Afferents: Emerging Ion Channel Targets. Stephen G. Waxman and Gerald W. Zamponi in *Nature Neuroscience*, Vol. 17, pages 153–163; February 2014.

Scientific American, December 2014

منشأ الديناصورات الشرسة (التيرانوصورات)[*]

تضع مستحاثات جديدة الديناصور الشرس <T. ريكس> في مكانه التصنيفي المناسب.

<S. بروساتي>

في يوم صيف قائظ من عام 2010، كان عامل بناء يقوم بحفر أساس لبناء في مدينة جانزهو Ganzhou الواقعة جنوب شرق الصين فاصطدمت حفارته بشيء صلب، فترجل ليرى ما هو، متوقعا الأسوأ ربما طبقة صخرية يصعب اختراقها، أو أنبوب ماء رئيسي قديم أو أية معضلة أخرى قد تؤخر بناء منطقة صناعية مترامية الأطراف كان يتسابق طاقمه إلى إنجازها. بيد أنه بعد انقشاع التراب والدخان تبين أن المسبب كان مختلفا تماما عما توقعه: إنها عظام، الكثير منها، وبعضها ضخم.

وفي ذلك اليوم، توقف العمل في البناء لأنه اتضح أن تلك العظام كانت تمثل اكتشافا مهما. فقد عثر العامل على هيكل عظمي كامل تقريبا لنوع ديناصور جديد وغريب من أقرباء الزاحف الشرس **<T. ريكس>**[1]. وبعد سنوات قليلة تلقيت دعوة من زملائي الصينيين للمساعدة على دراسة العينة، وفي الشهر 2014/5 اكتشفنا أنها تمثل أحدث نوع يضاف إلى

باختصار

كان **علماء الأحافير (المستحاثات)** على دراية بأمور كثيرة تتعلق بالزاحف الشرس <T. ريكس> وزواحف ضارية أخرى عملاقة لعدة عقود، غير أنهم بقوا عاجزين عن معرفة متى نشأت هذه الديناصورات ومن أين تطورت نظرا لقلة الأحافير المناسبة للإجابة عن هذه الأسئلة.

ولكن **اكتشاف أحافير حديثة** أسهم إلى حد بعيد في سد تلك الثغرات في طريقة فهم العلماء لهذه المجموعة المتميزة.

وقد **بينت تلك المكتشفات** أن الجذور[2] التطورية للديناصورات الشرسة كانت بالأحرى متواضعة الحجم وموغلة في القدم.

زد على ذلك، أن هذه المجموعة تضم تشكيلة كبيرة من الأنواع أكثر مما كان يتوقعه الخبراء، بما في ذلك أنواع ذات خصائص تشريحية مدهشة حقا.

شجرة نسب فصيلة الديناصور الشرس: **كيانزهاوصوروس سينينسيس**[3]. ونظرا لصعوبة نطق هذا الاسم الرسمي أحيانا، فقد سميناه اسما ساخرا «**بينوكيو ريكس**» Pinocchio rex إشارة إلى خطمه[4] الطويل المميز.

ويعتبر الزاحف كيانزهاوصوروس جزءا من سلسلة مكتشفات جديدة من الديناصورات الشرسة (التيرانوصورات) على مدى السنوات العشر الماضية، التي غيّرت فهمنا لهذه المجموعة. فمنذ اكتشاف الديناصور الشرس <T. ريكس> منذ أكثر من قرن، استأثر هذا **الحيوان الضخم (البهيمة)**[5]، الذي يبلغ طوله 13 مترا ووزنه 5 أطنان، بتسليط الأضواء عليه. ومع ذلك، استعصى تاريخه التطوري على الباحثين. وخلال القرن العشرين، اكتشف العلماء عددا قليلا من أقرباء الديناصور الشرس <T. ريكس> والتي كانت أحجامها أيضا كبيرة بشكل ملحوظ، وأدركوا أن <T. ريكس> لم يكن مجرد حالة شاذة: فقد كونت هذه المفترسات الضخمة فرعا خاصا بها ضمن شجرة نسب الديناصورات. وقد سعى العلماء إلى فهم متى نشأت الديناصورات الشرسة، وعمّ تطورت وكيف كانت تنمو إلى أحجام كبيرة جدا وتصل إلى قمة السلسلة الغذائية، ولكن هذه الأسئلة بقيت بلا إجابة حتى الآن.

وعلى مدار الخمس عشرة سنة الماضية اكتشف الباحثون نحو 20 نوعا جديدا من أنواع الديناصورات الشرسة في مواقع مختلفة من العالم، بما في ذلك صحاري منغوليا والمستنقعات المتجمدة في الدائرة القطبية الشمالية. وقد أسهمت تلك المكتشفات في إمكانية جمع شجرة أنساب فصيلة الديناصورات الشرسة، وكانت النتيجة مدهشة للغاية؛ إذ تبين

(*) RISE OF THE TYRANNOSAURS

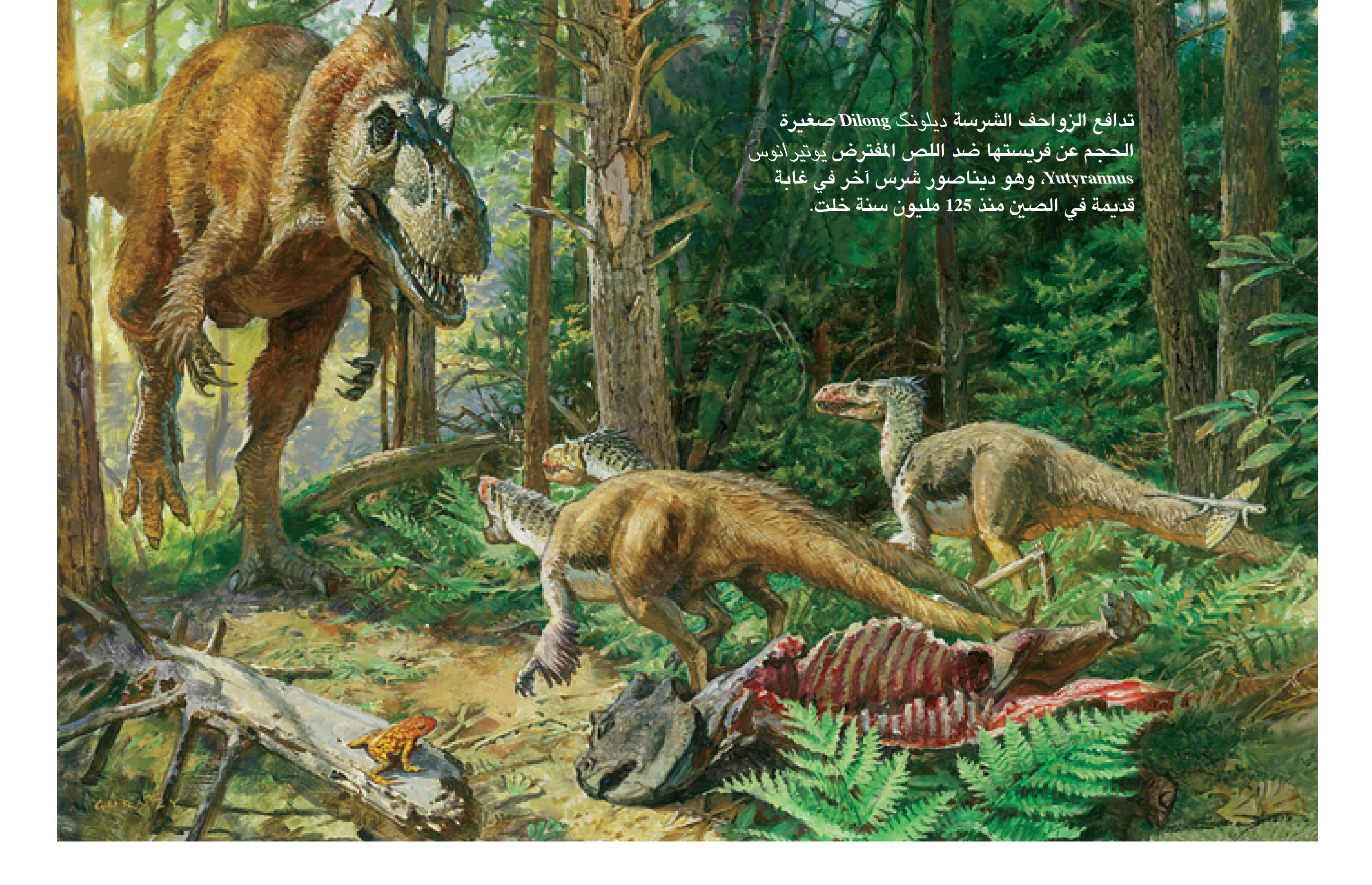
(1) Tyrannosaurus rex = تيرانوصوروس ريكس.

(2) أو: الأسلاف.

(3) Qianzhousaurus sinensis

(4) الخطم: أنف الحيوان.

(5) behemoth: حيوان ضخم، بالأصل مشتقة من كلمة بهيمة أو بهيموث الموجودة في الديانات السماوية الثلاث وتعني الحيوان أو بهيمة الأنعام. (التحرير)



تدافع الزواحف الشرسة ديلونگ Dilong صغيرة الحجم عن فريستها ضد اللص المفترض يوتيرانوس Yutyrannus، وهو ديناصور شرس آخر في غابة قديمة في الصين منذ 125 مليون سنة خلت.

أن الديناصورات الشرسة كانت أصلا حيوانات محدودة العدد من آكلات اللحوم وحجمها بحجم الإنسان في معظم تاريخها التطوري، ولكنها بلغت أحجاما ضخمة وهيمنة بيئية خلال العشرين مليون سنة الأخيرة من عصر الديناصورات، الذي بدأ ما قبل نحو 250 مليون سنة من الآن، واستمر خلال العصور الجيولوجية الثلاثة: **الترياسي** Triassic و**الجوراسي** Jurassic و**الطباشيري** Cretaceous. إن أصول[1] ملك الديناصورات الشرس <T. ريكس>، وبعيدا عن انتمائه إلى مجموعة الحيوانات المفترسة العملاقة، هي في واقع الأمر أسلاف متواضعة الحجم، وكان <T. ريكس> مجرد آخر الناجين من مجموعة مدهشة من الديناصورات الشرسة التي كانت تعيش في جميع أنحاء العالم حتى إبان تأثير **اصطدام كويكب ما بالأرض**[2] asteroid impact قبل 66 مليون سنة، الأمر الذي أدى إلى انتهاء حقبة الديناصورات وبدء عهد الثدييات.

ولادة نجم[*]

أصبحت قصة الكشف عن تاريخ فصيلة الديناصورات الشرسة والتي بدأت باكتشاف الديناصور <T. ريكس> ممكنة بفضل رجل يدعى <H .F. أوسبورن>، وهو أحد أكثر العلماء شهرة في الولايات المتحدة أوائل القرن العشرين، وكان رئيس المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي في مدينة نيويورك، ورئيس الأكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم، ونجما من نجوم غلاف **المجلة** Time Magazine. وقد استغل منبره المعتبر للترويج لأفكار تعصبية حول تحسين النسل والتفوق العنصري، ومن ثم فهو غالبا مرفوض في الوقت الحاضر شأنه في ذلك شأن أي متعصب آخر من متعصبي السنوات الماضية. ولكن <أوسبورن> كان عالم أحافير ذكياً، حتى إنه كان أفضل مدير علمي لإدارة الأعمال العلمية، وكان أحد أفضل الإنجازات التي قام بها على الإطلاق هو إرسال جامع أحافير[3] اسمه <B. براون> إلى الغرب الأمريكي بحثا عن ديناصورات.

وكان <براون> شخصا غريب الأطوار، فقد كان يبحث عن المستحاثات في عز الصيف مرتديا معطف فرو طويل ويجني أموالا إضافية من تجسسه لصالح الحكومات وشركات النفط. ومع ذلك، فقد كان هذا الرجل يتمتع بمواهب جيدة، ففي عام 1902 قدم أحد أشهر الاكتشافات في تاريخ علم الأحافير: وهو ديناصور عملاق لاحم[4] تم اكتشافه في الأراضي الوعرة لولاية مونتانا[5] شمال أمريكا.

ولاحقاً، تم توصيف هذا الديناصور بعد بضع سنوات،

(*) A STAR IS BORN

(١) أو: أسلاف.

(٢) اصطدام كويكب ما بالأرض؛ فنتج منه غبار كثيف حَجَب الشمس عن النباتات؛ فنفقت حيوانات عاشبة ولاحمة كثيرة وتغيرت نظم بيئية كاملة.

(٣) أو: مستحاثات.

(٤) أو: آكل للحوم.

(٥) Montana: ولاية تقع في شمال الولايات المتحدة الأمريكية.



المؤلف

Stephen Brusatte

‹**بروساتي**› هو عالم أحافير بجامعة إدينبرگ في سكوتلاندا. وتتمركز أبحاثه حول تشريح وتطور الديناصورات، وقد ألّف أكثر من 70 مقالة تقانية وخمسة كتب عن الديناصورات، ويعمل الآن يعمل «كباحث أحافير مقيم» لتقديم برنامج السير مع الديناصورات في القناة BBC.

سمَّاه ‹أوسبورن› اسما بقي متداولا عبر الزمن وهو: ملك الديناصورات الشرس (**تيرانوصوروس ريكس** Tyrannosaurus rex) أو **ملك السحالي الشرس**[1] tyrant lizard king، والمعروف اختصارا بـ (‹**T. ريكس**› T. rex). وكان ذلك نبأ مثيرا وعاجلا وأصبح عنوانا رئيسيا في وسائل الإعلام في جميع أنحاء البلاد. فقد كشف ‹أوسبورن› و ‹براون› النقاب عن المفترس الأرضي الأكبر والأشرس على مرّ العصور.

وأصبح الديناصور الشرس ‹T. ريكس› رمز شهرة الديناصورات ونجما من نجوم معارض الأفلام والمتاحف في العالم. ولكن تلك الشهرة كانت تخفي لغزا: خلال كامل القرن العشرين تقريبا، كان لدى العلماء فكرة بسيطة عن كيفية انسجام هذا الديناصور‹T. ريكس› مع الصورة الأشمل لتطور الديناصورات الأخرى. فقد كان مخلوقا غريبا، وأكبر بكثير من غيره من الديناصورات المفترسة المعروفة، ومختلفا عنها اختلافا كبيرا لدرجة أنه كان من الصعب وضعه في سجل فصيلة الديناصورات.

ومع ذلك، وعلى مدى العقود القليلة اللاحقة، اكتشف علماء أحافير آخرون، عددا قليلا من أقارب الديناصور الشرس ‹T. ريكس› مما كانت قد عاشت معه في الوقت نفسه تقريبا في بعض المواقع البيئية في أمريكا الشمالية وآسيا في أواخر العصر الطباشيري، أي منذ نحو 66 إلى 84 مليون سنة من قبل. ومن هذه الديناصورات، نذكر على سبيل المثال، **جورجوصوروس** Gorgosaurus (الديناصور المرعب) و**ألبرتوصوروس** Albertosaurus (ديناصور ألبرتا، نسبة إلى مقاطعة ألبرتا الكندية) و**تاربوصوروس** Tarbosaurus (الديناصور المفزع) – وهي مشابهة تماما للديناصور الشرس ‹T. ريكس› الذي يمثل ذروة الحيوانات المفترسة العملاقة التي عاشت خلال الجزء الأخير من تاريخ الديناصورات. ومع أن تلك الأحافير مهمة، إلا أنها لم تقدم إلا النزر اليسير لتسليط الضوء على أصول هذه المجموعة.

بدايات متواضعة(*)

إن عددا من الاكتشافات الحديثة التي تساعد على سد بعض الثغرات الكبيرة في طريق معرفتنا للديناصورات الشرسة جاءت من أماكن غير متوقعة. كما أن اكتشاف ديناصور نموذجي يتطلب وجود علماء أحافير لا يهابون الصعاب وقادرين على الحل والترحال إلى أماكن نائية من صحاري غرب أمريكا الشمالية والأرجنتين وجوبي أو الصحراء الكبرى متحملين الحرارة والغبار وخطر الثعابين لاستخراج الأحافير من قبورها الصخرية. ولكن اكتشاف الديناصورات الآن، بما في ذلك الشرسة منها، بدأ يتحقق في جميع أنحاء العالم تقريبا، حتى في المناطق الشمالية النائية من روسيا، حيث يحتاج علماء الأحافير، على عكس ما سبق، إلى التأقلم مع البرد القارس في الشتاء والرطوبة العالية في الصيف الذي ينتشر فيه البعوض.

وأحد هؤلاء العلماء هو ‹A. أفريانوف› [وهو زميل لي من معهد علم الحيوان في الأكاديمية الروسية للعلوم في مدينة القديس بطرس[2]]. فقد أعلن فريقه عام 2010 عن اكتشاف مثير في منطقة Krasnoyarsk الشاسعة في وسط سيبيريا: وهو خليط من عظام ديناصور صغير من آكلات اللحوم عاش قبل الديناصور الشرس ‹T. ريكس› – أي قبل نحو 170 مليون سنة في منتصف العصر الجوراسي – ومن المحتمل أن يكون حجمه بحجم الإنسان تقريبا. وقد أطلقوا عليه اسم **كيلسكوس** Kileskus، استنادا إلى كلمة «عظاءة» (أو سحلية) باللغة المحلية. وقد تبين أنه يمثل دليلا حاسما على منشأ الديناصورات الشرسة.

ولا يبدو كيلسكوس مثيرا للدهشة عند الوهلة الأولى، لأنه بالتأكيد لا يشبه بأي حال من الأحوال الديناصور الشرس ‹T. ريكس›، ولو أن هذا الأخير كان معاصرا له في روسيا في منتصف العصر الجوراسي، لأمكنه ضرب كيلسكوس ضربة قاضية وكأنه ذبابة، حتى ولو بذراعيه الصغيرتين الضعيفتين. إلا أن كيلسكوس يبدي تشابها لا لبس فيه مع آكل لحوم آخر صغير الحجم، وهو **گوانلونگ** Guanlong، الذي عاش في الصين بعد كيلسكوس بنحو 10 ملايين سنة وتم توصيفه عام 2006. وعلى سبيل المقارنة، كان لكلا الحيوانين (كيلسكوس وكوانلونك) عرف عظمي بارز يمتد طول الجمجمة بما يشبه **قصة شعر قبائل الموهاوك**[3] mohawk في أمريكا الشمالية.

(*) MODEST BEGINNINGS

(1) أو: ملك السحالي «المستبد أو الطاغية».

(2) أو: سانت بطرسبورغ.

(3) يقص أفراد قبائل الموهاوك في أمريكا شعرهم على جانبي الرأس ويتركون منتصف الرأس ليشكل ما يشبه العرف أعلى الرأس.

ويتمتع الديناصور گوانلونگ، الذي تمت دراسته من خلال عينات أكثر اكتمالا بكثير من كيلسكوس، بميزات موجودة فقط عند الديناصورات الشرسة، كالتحام العظام الأنفية في الخطم. وتمثل هذه الملامح المشتركة سمات تدل على سلف مشترك بين هذه الأنواع: حيث تمثل أعداد الديناصورات كيلسكوس و كوانلونك القليلة والمنسية تقريبا المخزون السلفي الذي نشأ عنه الزاحف الضخم ‹T. ريكس›.

لقد ساعد هذان الاكتشافان على رسم صورة مذهلة عن بزوغ فجر الديناصورات الشرسة؛ حيث أكدا أن أفراد هذه المجموعة لم تبدأ كحيوانات مفترسة فائقة الضخامة وواسعة الانتشار، كما كان يعتقد كثير من الباحثين عندما عثر على أول ديناصور شرس، وإنما بدأت بالأحرى كلواحم من الدرجة الثانية أو الثالثة وكانت تعيش في ظل مفترسات أخرى عملاقة تربطها بها علاقات قرابة بعيدة، مثل **الألوصورات** allosaurs و**السيراتوصورات** ceratosaurs. إضافة إلى ذلك، فإن جذور[(١)] الديناصور الشرس موغلة في القدم أبعد مما كان متوقعا بكثير. فقد عاشت الديناصورات الشرسة في الوقت الذي كانت فيه الكرة الأرضية قارة عظمى واحدة، تسمى **پانگيا** Pangea غير مقسمة إلى أجزاء متباعدة، ولذلك تمكنت الحيوانات حينئذ من التوزع عبر كتل الأرض اليابسة بسهولة نسبيا. وتفسر تلك الجغرافيا غير المقسمة سبب وصول الديناصورات الشرسة باكرا إلى روسيا والصين منذ ذلك الحين، ثم ظهرت بعد ذلك بقليل أنواع أخرى في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وربما أستراليا أيضا (علما بأن الانتماء التصنيفي لبعض الديناصورات الأسترالية المفترسة لا يزال موضع نقاش). وإذا ما أخذنا جميع العينات بعين الاعتبار، فإنها تدل على أن الأمر استغرق وقتا طويلا للغاية لبلوغ الديناصورات الشرسة ذروة ضراوتها: فقد كانت هناك فترة زمنية طويلة تفصل بين أسلاف الديناصورات الشرسة والديناصور ‹T. ريكس› (على الأقل 100 مليون سنة) وهي فترة أطول بكثير من الفترة الفاصلة بين الديناصور ‹T. ريكس› والبشر (66 مليون سنة).

إذا لم يكن وصف الديناصور الملكي الشرس قد أرعبك حتى الآن، فما عليك إلا أن تتخيله كطائر ضخم ذي براعة وطاقة من الجحيم.

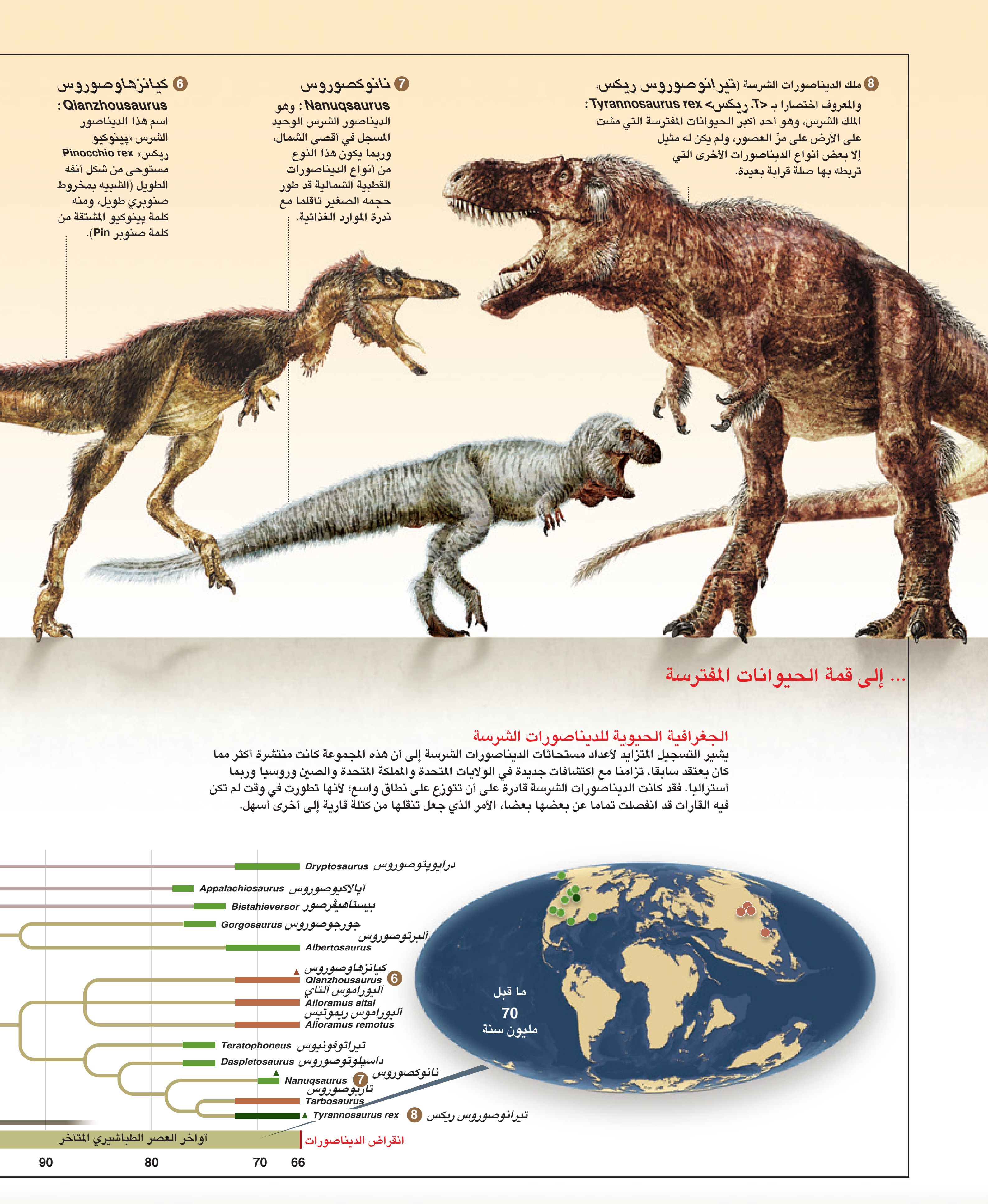
دفء وزغب[(*)]

ومع أن الديناصورات الشرسة كانت بطيئة في الوصول إلى أحجام عملاقة فعليا، إلا أن ذلك لا يعني جمود تطورها خلال تلك الفترة. إذ تشير أدلة متزايدة إلى أن هذه المجموعة قد خضعت لتنوع كبير قبل ظهور الديناصورين ‹T. ريكس› و تاربوصوروس وأمثالهما بفترة طويلة. وبعض الأمثلة المدهشة على ذلك التنوع تأتي من مقاطعة لياونينگ[(٢)] شمال شرقي الصين.

ومقاطعة لياونينگ تلك، ليست المكان الأجمل في العالم، ومع أنني نشأت في السهول المضجرة في وسط غرب الولايات المتحدة الأمريكية، إلا أنني كنت أجد صعوبة في الحفاظ على عيني مفتوحتين أثناء ركوب القطار خلال ثلاث ساعات ونصف، كيلو مترا بعد آخر، في رحلة من بكين باتجاه ريف تلالي يكسوه سديم ضبابي وتتخلله مزارع ومداخن تنفث دخانها إلى الجو، ولكنها كانت أرضا مقدسة للباحثين عن المستحاثات.

فقد جمع مزارعون من جميع أنحاء تلك المنطقة آلاف الهياكل العظمية لديناصورات خلال العقدين الماضيين، حيث طمرت ثورات بركانية متعاقبة حدثت قبل نحو 130 إلى 120 مليون سنة تلك المخلوقات سيئة الحظ في الرماد والطين محافظة على بقاياها بتفاصيل دقيقة. ومن بين الوحوش العديدة التي تم العثور عليها هنا وتعود إلى **العصر الطباشيري بومبيي** Cretaceous Pompeii، نجد نوعان من الديناصورات الشرسة المثيرة للاهتمام. ففي عام 2004، كشف زميلي ‹X. كسينك› [من معهد علم أحافير الفقاريات و**علم الإنسان القديم (باليوأنثروبولوجيا)**[(٣)] في بكين] عن أول هذين النوعين وهو الزاحف **ديلونگ** Dilong الذي كان حجمه تقريبا بحجم كلب صيد الطيور **اللقاط الذهبي**[(٤)] golden retriever، وكانت له ذراعان طويلتان لالتقاط الفرائس وهيكل عظمي رشيق، وساقان طويلتان متكيفتان لسرعة الحركة. أما النوع الثاني، الذي وصفه ‹كسينك› عام 2012، فهو طراز حيواني مختلف جدا، سُمِّي **يوتيرانوس** Yutyrannus ويبلغ طوله من 8 إلى 9 أمتار ووزنه نحو طن تقريبا، ومن المحتمل أنه كان يتربع على قمة السلسلة الغذائية أو ليس بعيدا منها. وقد تم العثور على كلا النوعين السابقين في التكوينات الصخرية نفسها، وربما يكونان قد عاشا أيضا في الحقبة نفسها منذ نحو 125

(*) WARM AND FUZZY
(١) أو: أسلاف.
(٢) Liaoning
(٣) Paleoanthropology: فرع من العلوم المتخصصة بدراسة المستحاثات القديمة بحثا عن أصل الجنس البشري.
(٤) اللقاط الذهبي (أو المسترد الذهبي): نوع من أنواع الكلاب متوسط الحجم لالتقاط ما يتم صيده في الماء كالطيور المائية أو الألعاب التي يلقيها صاحبه ليقوم الكلب بالتقاطها وإعادتها إليه. وسُمّي الذهبي نسبة إلى اللون الأصفر للوبر الذي يغطي جسمه. (التحرير)



8 ملك الديناصورات الشرسة (**تيرانوصوروس ريكس**، والمعروف اختصارا بـ T. ريكس> **Tyrannosaurus rex**: الملك الشرس، وهو أحد أكبر الحيوانات المفترسة التي مشت على الأرض على مرِّ العصور، ولم يكن له مثيل إلا بعض أنواع الديناصورات الأخرى التي تربطه بها صلة قرابة بعيدة.

7 نانوكصوروس

Nanuqsaurus: وهو الديناصور الشرس الوحيد المسجل في أقصى الشمال، وربما يكون هذا النوع من أنواع الديناصورات القطبية الشمالية قد طور حجمه الصغير تأقلما مع ندرة الموارد الغذائية.

6 كيانزهاوصوروس

Qianzhousaurus: اسم هذا الديناصور الشرس «بينوكيو ريكس» Pinocchio rex مستوحى من شكل أنفه الطويل (الشبيه بمخروط صنوبري طويل، ومنه كلمة بينوكيو المشتقة من كلمة صنوبر Pin).

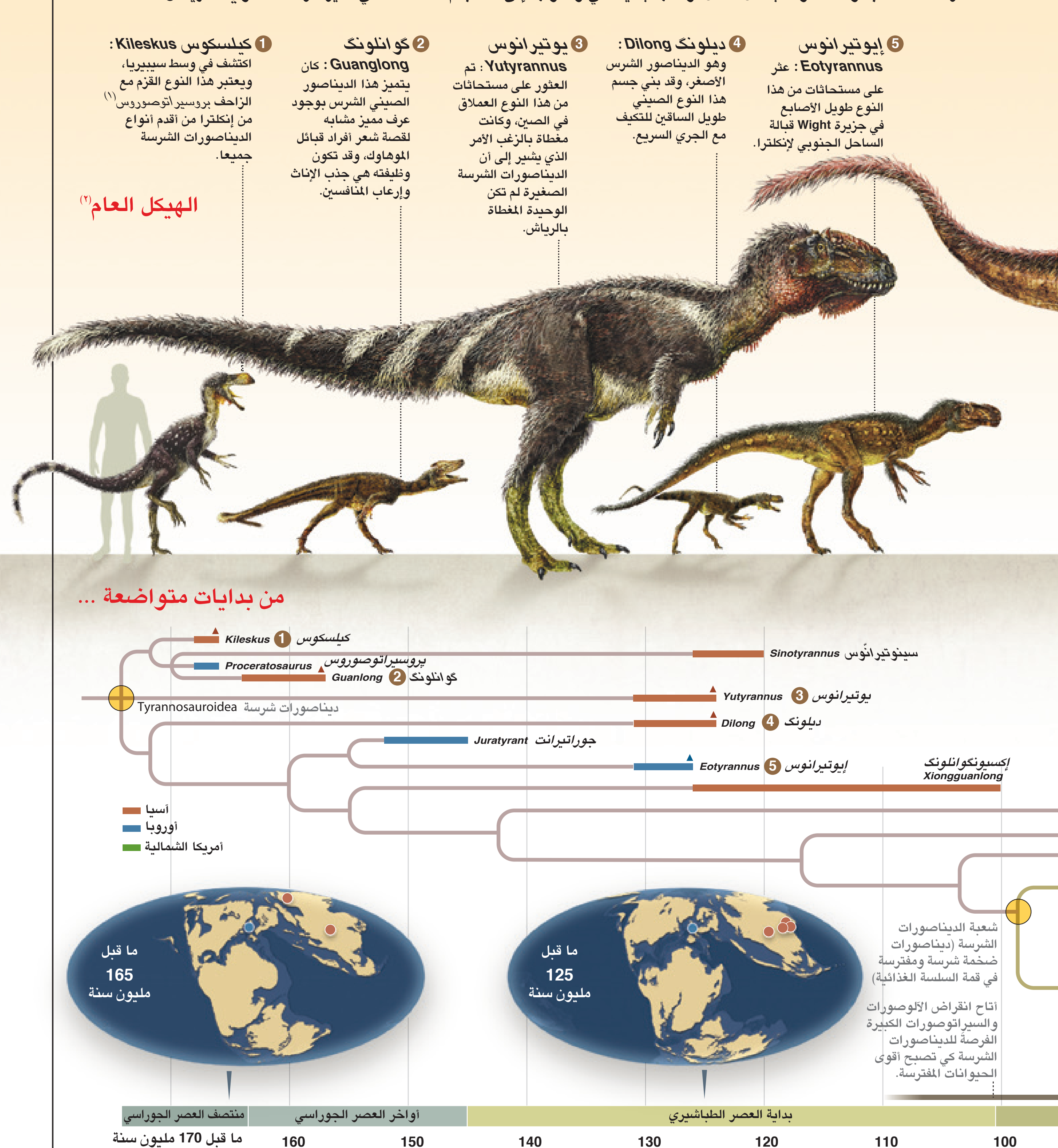
... إلى قمة الحيوانات المفترسة

الجغرافية الحيوية للديناصورات الشرسة

يشير التسجيل المتزايد لأعداد مستحاثات الديناصورات الشرسة إلى أن هذه المجموعة كانت منتشرة أكثر مما كان يعتقد سابقا، تزامنا مع اكتشافات جديدة في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة والصين وروسيا وربما أستراليا. فقد كانت الديناصورات الشرسة قادرة على أن تتوزع على نطاق واسع؛ لأنها تطورت في وقت لم تكن فيه القارات قد انفصلت تماما عن بعضها بعضا، الأمر الذي جعل تنقلها من كتلة قارية إلى أخرى أسهل.

الجميع في الفصيلة(*)

خولت سلسلة من الاكتشافات الأحفورية في السنوات الأخيرة ملء شجرة نسب عائلة الديناصور الشرس. وقد بينت تلك الاكتشافات أن الديناصورات الشرسة كانت مجموعة متنوعة بشكل مذهل، ولكنها بطيئة في وصولها إلى الأحجام العملاقة التي تميز الزاحف القوي <ت. ريكس>.



(*) All in the Family
(1) Proceratosaurus
(2) Cast: مستحاثة الهيكل العام للحيوان بعد نفوقه وامتلائه بمواد حاشية كالطين أو المعدن؛ فيعطي المظهر الخارجي العام للحيوان النافق. (التحرير)



تقاسم الزاحف كيانزهاوصوروس Qianzhousaurus ذو الأنف الطويل، الذي وجد في أحد مواقع البناء في الصين عام 2010، النظُمَ البيئية مع ديناصورات شرسة أكبر منه حجما بكثير، ربما من خلال قدرته على التسلل ومطاردة فرائس أصغر.

مليون سنة خلت. ويتميز كلا النوعين بالتحام عظام الأنف وسمات أخرى خاصة بالديناصورات الشرسة، الأمر الذي يشير إلى أن هذه الديناصورات قد بدأت بالتشعب باكرا في العصر الطباشيري إلى مجموعة من الأنواع الجديدة مؤدية بذلك أدوارا بيئية مختلفة، وأن بعض هذه الديناصورات كان يكتسب أحجاما ضخمة.

كما أن اكتشاف النوعين ديلونگ ويوتيرانوس يعد أمرا مهما لسبب آخر، وهو أن علماء الأحافير كانوا فيما مضى يعتبرون الديناصورات زواحف حرشفية ضخمة **تتثاقل**[1] على الأرض، إلا أنهم وجدوا في السنوات الأخيرة بعض القرائن التي تدل على أن أجسام بعض أنواعها كانت مكسية بجلد ناعم بدلا من الحراشف، وكانت بشكل عام أكثر حركية وذكاء مما كان يعتقد سابقا. وهذا يعني، أنها كانت تشبه الطيور أكثر مما تشبه الزواحف. ومن ثم، فإن الزاحفين ديلونگ ويوتيرانوس يؤكدان بدون شك أن الديناصورات الشرسة تدخل ضمن إطار هذا الوصف. فأجسام هذه الأنواع مغطاة بزغب ريشي سميك وليس برياش قلمية كتلك التي تشكل أجنحة الطيور الحية وإنما برياش أبسط شبيهة بخيوط تشبه الشعر. وعلى عكس الطيور، فإن الديناصورات الشرسة لم تكن بالتأكيد حيوانات طائرة، وربما كانت وظيفة تلك الرياش هي التدفئة أو للمظهر فقط. إن وجود الريش على جسم الديناصورات المفترسة وأنواع أخرى عديدة من الديناصورات يزيد من احتمال كون جلد الديناصور الضخم <T. ريكس> كان أيضا مكسيا بالريش. وإذا لم يكن وصف الديناصور الملكي الشرس قد أرعبك حتى الآن بطريقة ما، فما عليك إلا أن تتخيله كطائر ضخم ذي براعة وطاقة من الجحيم.

نشوء الملوك[*]

تُبين اكتشافات جديدة من روسيا والصين وأماكن أخرى من العالم أن الديناصورات المفترسة كانت مزدهرة بشكل جيد بدءا من منتصف العصر الجوراسي إلى بداية العصر الطباشيري. وربما لم تعش **كحيوانات مهيمنة**[2]، ولكنها وجدت **الظرف البيئي المناسب**[3] كمجموعة مستقرة، غير ملفتة للنظر، من الحيوانات المفترسة الحذرة والسريعة، ولكن طرأ تغير بعد ذلك، وهو إعادة هيكلة جذرية خضعت لها نظم الديناصورات البيئية خلال منتصف العصر الطباشيري، أي ما بين نحو 85 إلى 110 ملايين سنة خلت. فقد تناقصت أعداد الألوصورات والسيراتوصورات إلى حد كبير بعد أن شغلت قمة الهرم الغذائي لفترة طويلة ثم تولت الديناصورات الشرسة دور المفترس في القارات الشمالية. ولم يعرف بالضبط سبب حدوث ذلك التغير نظرا لندرة الأحافير الخاصة بالديناصورات التي تعود إلى منتصف العصر الطباشيري. ولكن يمكن أن يعزى الأمر إلى انقراض جماعي ناجم عن ارتفاع درجات الحرارة وتذبذب مستوى سطح البحر قبل نحو 94 مليون سنة.

ومع ذلك، فقد وصلت الديناصورات الشرسة إلى هناك، وازدهرت حالما وصلت إلى قمة السلسلة الغذائية. وخلال العشرين مليون سنة الأخيرة من العصر الطباشيري في أمريكا الشمالية وآسيا، سادت سيادة قصوى كحيوانات

(*) RISE OF THE KINGS

(١) plodding: تثاقل أو مشي مجهد بسبب حجم كبير أو وزن ثقيل.

(٢) top dogs: تعبير اصطلاحي يعني مهيمناً أو مسيطراً.

(٣) niche: الظرف البيئي الذي يلائم مجموعة أفراد فتنمو وتتكاثر. (التحرير)

عملاقة مفترسة بجماجم ضخمة وأذرع صغيرة وأوزان ثقيلة (بالأطنان)، وكانت تتميز بقدرة كبيرة على العض بقوة بحيث تسحق عظام فرائسها سحقا. كما أنها كانت تنمو بسرعة كبيرة حتى إن وزنها كان يزداد بضعة كيلوغرامات في اليوم الواحد خلال سنوات المراهقة. وكانت تكابد حياة قاسية جدا لدرجة أن علماء الأحافير لم يعثروا بعد على فرد واحد بعمر يزيد على 30 سنة عند نفوقه.

وفي الوقت الذي كانت فيه الديناصورات الشرسة الضخمة مزدهرة في أمريكا الشمالية وآسيا، إلا أنها على ما يبدو لم تحصل على موطئ قدم قط في أوروبا أو القارات الجنوبية، حيث كانت تزدهر هناك مجموعات أخرى من الحيوانات الكبيرة المفترسة. وقد تكون إعادة هيكلة مناخ الكرة الأرضية وتشكيل القارات أواخر العصر الطباشيري هي السبب وراء ذلك؛ حيث كانت بيئة العالم في ذلك الوقت مختلفة للغاية عن البيئة التي تطورت فيها ديناصورات شرسة صغيرة الحجم في بادئ الأمر. وبعد ذلك تباعدت القارات بعضها عن بعض تدريجيا إلى أن وصلت إلى مواقع مشابهة لتلك التي تشغلها اليوم؛ زد على ذلك، فإن ارتفاع مستويات مياه البحار قد شطر قارة أمريكا الشمالية إلى شطرين وقلصت قارة أوروبا إلى عدد قليل من الجزر الصغيرة. بمعنى آخر، إن الكوكب الذي كان يعيش عليه الديناصور الشرس ‹T. ريكس› كان كوكبا مقسما بشكل كبير. ومن ثم، فإن الأنواع المهيمنة في إحدى المناطق لم تكن قادرة على غزو مناطق أخرى لسبب واحد بسيط وهو أنه لا يمكنها الوصول إليها بسبب التقسيم الجغرافي الطبيعي.

تنوع مُصِرّ(*)

وفي المناطق التي بلغت فيها الديناصورات الشرسة العملاقة مثل ‹T. ريكس› ذروة جبروتها، يمكن للمرء أن يتوقع أن تتفوق تلك الكائنات القوية على أي نمط آخر من الديناصورات الأقل شراسة، بيد أن أحدث الاكتشافات الأحفورية تشير إلى خلاف ذلك؛ حيث أظهرت مكتشفات جديدة مدهشة تنوعا غير مفهوم الأسباب للديناصورات الشرسة في أدنى وأعلى مستويات السلسلة الغذائية، حتى خلال تلك الملايين القليلة من السنوات الأخيرة من العصر الطباشيري، عندما كان الديناصور ‹T. ريكس› وأقرباؤه يسيطرون على المنطقة دون منازع.

وأوضح مثال على ذلك هو الزاحف كيانزهاوصوروس **ذو الأنف الصنوبري الطويل**[1] Pinocchio-nosed، الذي تم العثور عليه في موقع ورشة البناء الصينية. وعندما عرض عليَّ زميلي ‹J. لو› [من معهد علوم الأرض[2] التابع للأكاديمية الصينية لعلوم الأرض] صورا للعينة في مؤتمر عقد عام 2013، أدهشتني جدا تلك الصور، فهي كانت لديناصور شرس من العصر الطباشيري يختلف اختلافا صارخا عن ملك السحالي الشرس ‹T. ريكس›. وكان باديا للعيان أنه كان أصغر منه حجما، بطول 8 إلى 9 أمتار تقريبا، ووزنه نحو الطن. بيد أنه لا يمكن للمرء مصادفة حيوان في زقاق مظلم من العهد الطباشيري إلا أن يكون حيوانا ضالا أو شاردا بالنسبة إلى الديناصور الشرس ‹T. ريكس›. والأغرب من ذلك، أن جمجمته كانت مكونة بإتقان، متطاولة ونحيلة، بشكل يختلف عن الجمجمة العريضة و**العضلية القاسية**[3] لأبناء عمومته.

وقد دعاني ‹لو› إلى مساعدته على وصف الأحفورة الصينية الجديدة؛ لأنني كنت قد درست نموذجين آخرين مميزين من الديناصورات الشرسة من ذوات الخطوم الطويلة التي تم اكتشافها منذ عقود وحيرت العلماء لفترة طويلة. وتم التعرف على أول هذين المخلوقين من خلال جزء من هيكل عظمي عثر عليه في سبعينات القرن الماضي في منغوليا من قبل فريق روسي. وقد سُمِّي هذا النوع **آليوراموس روموتوس**[4] مقترحين أنه كان ديناصورا شرسا غريبا ذا جمجمة متطاولة. ولكن، خلال الحرب الباردة استطاع بعض علماء الأحافير دراسة تلك العينة الأمر الذي جعلها موضع جدل حتى الآن فيما ما إذا كانت تمثل نوعا جديدا أو أنها مجرد ممثل فتي لأحد أنواع الديناصورات الشرسة التي كانت موجودة آنذاك وتنتمي إلى النوع **تاربوصوروس**[5]. وبعد بضعة عقود، أي في أوائل القرن الواحد والعشرين، اكتشف فريق مشترك أمريكي منغولي بقيادة المشرف على أطروحتي للدكتوراه ‹M. نوريل› في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي، عينة أكثر اكتمالا وسلامة من آليوراموس. وفي اليوم الأول من بدء دراستي، اصطحبني ‹نوريل› إلى مختبر الإعداد في المتحف، وأراني الهيكل العظمي وأخبرني ببدء العمل على دراسته. وفي عام 2009، أعلنا عنه كنوع جديد، أسميناه **آليوراموس آلتاي**[6]. وقد ظهر ذلك الهيكل مختلفا عن الهيكل العظمي للنوع تاربوصوروس، ولكن نظرا لأنه يعود إلى فرد فتي (كما اتضح من البنية الداخلية لعظامه)، فإننا لم نستبعد فرضية أن تكون ملامحه التي بدت فريدة هي بالأحرى نتاج نمو غير مكتمل وليست خصائص نوع جديد.

(*) PERSISTENT VARIETY

(١) Pinocchio: مشتقة من Pin أي الصنوبر.

(٢) أو: الجيولوجيا.

(٣) bone-crunching: قاس أو قوي.

(٤) Alioramus remotus

(٥) Tarbosaurus

(٦) Alioramus altai

(التحرير)

إن مثــل هذه التناقضـــات أحيانا تغيــظ الباحثين لعقود، بانتظار أن يكتشف علماء الأحافير مستحاثات جديدة تساعد على الخروج من ذلك المأزق. أما في حالتنا، ولحسن حظ عامل الحفارة، فلم يســتغرق الأمر ســوى بضع سنوات. حيث كان لهيكل كيانزهاوصوروس المكتشــف في كانزهو الخطم الطويل نفسه، وبنية الجســم الصغير للزاحف آليوراموس، ولكن كان من الواضح أنه يعود إلــى فرد أكثر نضجا وعمرا. وهنا بيت القصيد: كانت الديناصورات الشرسة ذات الأنف الطويل تشكل أنواعا متمايزة عاشت في آسيا في نهاية العصر الطباشيري، وربما أدت دور الحيوان المفترس من الدرجة الثانية في السلسلة الغذائية تحت الزاحف المرعب تاربوصوروس.

ولم يكن كيانزهاوصوروس الديناصور الصغير الشرس الوحيد الذي كان يتقاســم كوكب الأرض مع حيوانات من الوزن الثقيل. فقبل نحو شهرين من نشرنا وصفا للزاحف كيانزهاوصوروس، قام زميلاي الأمريكيان ‹A. فيوريلو› و‹R. تيكوســكي›، وكلاهما من متحف بــروت Perot للطبيعة والعلوم في دالاس بتكســاس، بالكشف عن أحد أحدث وأغرب ديناصور شرس من ديناصورات العصر الطباشيري، وذلك في الدائرة القطبية المتجمدة الشمالية من ألاســكا، الذي ســمي **نانوكصوروس**[1]. وقد تم تعرف هذا الديناصور من خلال عدد قليل من العظام التي بدت مشابهة إلى حــد كبير لنظيراتها من عظام الديناصور الشــرس ‹T. ريكس›، ولكــن مع فارق واحد بســيط وهو أن حجمهــا كان نحو نصف حجم عظامه. والتفســير الواضح لذلك، هو أن تلك العظام كانت تعود إلى ديناصور شرس صغير السن، ولكن المثير في الأمر هو أن مفاصل العظام كانت ســميكة – وهذه الخاصية لا تُرى عادة إلا عند الأفراد البالغــين. وقد خطرت على بال كل من ‹فيوريلو› و ‹تيكوســكي› فكرة قد تبدو مستبعدة، ولكنني شخصيا أعتقد أنها معقولة جدا وهي أن ديناصورات القطب الشمالي كانت ذات أجســام صغيرة لأن **موائلها**[2] هي بيئات فقيرة الموارد الغذائية ولا يمكن أن تلبي حاجة أنواع كبيرة الحجم من الغذاء. وللســبب نفســه، خضعت العديد مــن **الحيوانات الحديثــة المعزولة في جزر**[3] إلى القزامة. وهكذا، في الوقت الذي ســاد فيه الديناصور الشــرس العمــلاق ‹T. ريكس› فــي الجنــوب، كان الديناصور الشرس القزم يجوب[4] براري الشمال.

خارج نطاق سيطرة الديناصورات(*)

إن الإضافات الحديثة إلى شجرة نسب فصيلة الديناصورات الشرسة قد أسهمت في توضيح التاريخ التطوري لهذه المجموعة المثيرة للاهتمام، ولكن ثمة أســئلة أساسية لا تزال بلا أجوبة: أين نشــأت الديناصورات الشرسة؟ وهل ظهرت قبل منتصف العصر الجوراسي أو ربما بدايته، وهو الوقت الذي ليس لدينا عنه إلا بعض المستحاثات في جميع أنحاء العالم؟

وهل عاشت الديناصورات الشرسة في القارات الجنوبية أيضا ما بين منتصف العصر الجوراسي إلى منتصف العصر الطباشــيري؟ علما بأنه تم العثور على معظم مستحاثاتها في القارات الشــمالية، باســتثناء عظم واحد ملغز عثر عليه في أستراليا. ولكننا نعلم أن مجموعات كثيرة من الديناصورات كانت منتشــرة على نطاق واسع في مختلف أنحاء العالم في الفترة ما بين منتصف العصر الجوراسي إلى منتصف العصر الطباشيري، وكذلك ربما كانت الديناصورات الشرسة. وثمة أمور أخرى مجهولة أيضا تتعلق بتكوينها الحيوي. مثلا، ما هو نوع الرياش الذي كان يغطي أجسام الديناصورات الشرسة الكبرى مثل ‹T. ريكس›، ولأي أغراض كانت تستخدم؟ وكيف كان يســتخدم كل من كيانزهاوصوروس وآليوراموس الخطمَ الطويل المميز؟

وعلى الرغم من أن قصة الديناصورات الشرسة غير مكتملة حتى الآن، بيد أنهــا تؤكد على حقيقة أعمق حول التطور، وهي أنه لا يمكن التنبؤ به. فعندما نشأت الديناصورات الشرسة قبل أكثر من 170 مليون ســنة خلت، لــم يكن بمقدور أحد الظن بأن هكذا **حيوانات مفترسة** (أو **صيادة**)[5] صغيرة الحجم ستهيمن علــى قارات بأكملها. ولكن لم يكن قدرها النجاح، فقد اضطرت إلــى التنقل أكثر من 80 مليون ســنة والعيش في الظل بانتظار لحظة مناســبة لحدوث تغيرات بيئية أعطتها الفرصة الســانحة لتصبح حيوانات مفترسة مهيمنة. وفي أحد الأيام، عندما كانت الديناصورات الشرســة في ذروة تطورها، سقط كويكب ما من الســماء على الأرض وأدى إلى انقراضها. ولم ينقذها جبروتها ولا حجمهــا لأن حرائــق الغابات أحرقت الأخضــر واليابس، فانهارت النظم البيئية وبدأت الثدييات بمسيرتها نحو القمة. ■

(*) BEYOND THEIR CONTROL
(1) Nanuqsaurus
(2) habitats؛ أو: مواطنها؛ بيئاتها.
(3) island-dwelling animals: الحيوانــات التي تعيش معزولة في الجزر وليســت لديها إلا موارد تلك الجزر.
(4) أو: يَسْرح.
(5) stalkers

(التحرير)

مراجع للاستزادة

Tyrannosaur Paleobiology: New Research on Ancient Exemplar Organisms. Stephen L. Brusatte et al. in *Science*, Vol. 329, pages 1481–1485; September 17, 2010.

A Diminutive New Tyrannosaur from the Top of the World. Anthony R. Fiorillo and Ronald S. Tykoski in *PLOS ONE*, Vol. 9, No. 3, Article No. e91287; March 12, 2014.

A New Clade of Asian Late Cretaceous Long-Snouted Tyrannosaurids. Junchang Lü et al. in *Nature Communications*, Vol. 5, Article No. 37898; May 7, 2014.

Scientific American, **May 2015**

تتمة الصفحة 17 (انقشاع لعنة داء ألزهايمر)





راغبون في المشاركة في الاختبار: ‹هوگو› البالغ 40 عاما (في اليمين) و‹كوديلا› البالغة 47 عاما (في الأعلى) يتقبلان بسرور الاختبار الوقائي. وحتى إذا لم يكن الاختبار مفيداً لهما، فإنه قد يساعد الجيل القادم من عائلاتهما الذين يحيط بعضهم بـ‹كوديلا›.

أجـري حتى الآن خلال السـنوات الثلاثين التي انقضت من عمر **نظرية البروتين النشواني البيتائي**[1] القائلة إن أجزاء سـامة من هذا البروتين هي السبب في التبدلات الباثولوجية التـي تحصل فـي داء ألزهايمر. فإذا لم يبيـن هذا الاختبار أي فائـدة لـ‹هوگو› و‹كوديلا› وغيرهمـا من أفراد العائلات الست والعشرين – وإذا أخفقت الاختبارات الوقائية الأخرى الجارية الآن في الولايات المتحدة، فعلى المؤسسـات البحثية العلمية أن توجه اهتمامها إلى بدائل محتملة لنظرية البروتين النشـواني البيتائي. وقد نحتاج إلـى اختبار علاجات تقاوم إنشـاء بروتينات سامة أخرى غير النشـواني البيتائي، وقد نبحث أيضا عن عوامـل كيميائية تقي العصبونات أو ندرس موضوع العمليات الكيميائية الكائنة خلف التهاب الدماغ.

ومع ذلك، فإن البنية التحتية التي تم إنشـاؤها في مدلين مـن أجل تنفيذ اختبار الكرينيزومـاب لاتزال صالحة لخدمة هدفهـا الأصلي عن طريق اختبار مقاربات جديدة للوقاية من الـداء. وإن القدرة على التنبـؤ بموعد حصول الداء عند أحد الحاملين للطفرة پيسـا يعد مكسبا ثمينا للباحثين عند إجراء الاختبارات السـريرية المقبلة. وتعـد مدلين الآن مركزا عالميا رئيسـيا للبحث في داء ألزهايمـر – ومقرا محتملا لاختراق مهم – وقد يستمر وضعها كذلك لسنوات عديدة.

وقـد تكون المدينة قادرة على تحمل عبء العائلات الوافدة إليها لأن البنيـة الاجتماعية لهذه العائلات – وحقيقة إصابة الآباء والأجـداد والأعمـام والعمات بالخرف – ستسـتمر باجتذاب مشاركين للاختبارات السريرية. وإضافة إلى ذلك، يبدي أفراد العائلة ميـلا فطريا إلى العناية بالمرضى، خلافا لما هو سـائد فـي الولايات المتحدة وأوروبا حيث تسـود في أغلب الحالات ممارسـة **الطب غير الشـخصاني**[2]. ويذكر ‹هوگـو› كيف كان يصحب والده في مسـيرات قصيرة على امتداد المجمّع السكني وهو ممسك بيده للتأكد من أنه لن يتوه ويصبح غير قادر على معرفة طريق العودة إلى منزله.

إن بنية الشبكة العائلية الحميمة تضمن قيام كل عامل زراعي، وغالبـا برفقة بعض أقربائه، بمراجعة موثوقة للمستشـفى كل أسـبوعين ليتناول العقّار المختبر أو ليتعرض لتفاريس دماغية. واللعنـة التي جلبها الفاتحون الإسـبان قد تنقلب وتصبح نعمة مقنعّـة بتحقيقهـا تقدما طبيا محوريا يسـتفيد منه الملايين في العالم ممن كُتب عليهم الإصابة بداء مُروِّع. ■

(١) beta-amyloid hypothesis
(٢) the depersonalized medicine

مراجع للاستزادة

Phoenix: Vision of Shared Prevention Trials Lures Pharma to Table, Part 1. Gabrielle Strobel in Alzforum. Published online February 25, 2010. www.alzforum.org/news/conference-coverage/phoenix-vision-shared-prevention-trials-lures-pharma-table

Alzheimer's Prevention Initiative: A Plan to Accelerate the Evaluation of Presymptomatic Treatments. Eric M. Reiman et al. in *Journal of Alzheimer's Disease*, Vol. 26, Supplement No. 3, pages 321–329; October 2011.

Origin of the PSEN1 E280A Mutation Causing Early-Onset Alzheimer's Disease. Matthew A. Lalli et al. in *Alzheimer's & Dementia*, Vol. 10, No. 5, Supplement, pages S277–S283; October 2014.

Scientific American, May 2015

الغراء الذي يربط مكوناتنا معا[*]

منذ عقود، عرف الفيزيائيون أن الجسيمات المسمّاة **گليونات**[1] هي التي تحافظ على البروتونات والنترونات صحيحة - ومن ثَمَّ تُبْقِي الكون متماسكا بعضه ببعض. ومع ذلك، تبقى تفاصيل أداء الگليونات لعملها غامضة غموضا مذهلا.

<R. إنت> – <Th. أورليخ> – <R. ڤينوجوپالان>

اعتقد الإغريق القدامى أن الذرات هي أصغر مكونات المادة في الكون. ولكن في القرن العشرين تمكن العلماء من فلق الذرة، منتجين مكونات أصغر: **بروتونات** protons و**نترونات** neutrons و**إلكترونات** electrons. وبعد ذلك تبين أن البروتونات والنترونات بدورها تتألف من جسيمات أصغر عرفت **بالكواركات** quarks، المرتبطة بعضها ببعض بواسطة جسيمات «لاصقة»، سمّيت على نحو ملائم، **گليونات**[1]. وهذه الجسيمات، كما نعرفها في الوقت الراهن، هي جسيمات أساسية حقيقةً؛ ولكن حتى هذا التصور، فقد تبين أنه غير مكتمل.

وكشفت الطرائق التجريبية التي تنظر في أعماق البروتونات والنترونات عن أوركسترا سمفونية مخبأة فيها تماما؛ إذ يتكون كل جسيم منها من ثلاثة كواركات وأعداد متغيرة من الگليونات، إضافة إلى ما يسمى **بحراً من الكواركات**[2] - التي هي أزواج من الكواركات يصاحبها شركاؤها من **المادة المضادة**[3]، هي الكواركات المضادة، التي تظهر وتختفي باستمرار. وليست البروتونات والنترونات الجسيمات الوحيدة المكونة من الكواركات في الكون، فقد استحدثت تجارب المسرعات خلال نصف القرن المنصرم حشدا من جسيمات أخرى تحتوي على كواركات وكواركات مضادة تسمى معا، إضافة إلى البروتونات والنترونات، **هادرونات** hadrons.

وعلى الرغم من هذا التعمق كله - مع فهم جيد لكيفية تفاعل الكواركات والگليونات فرادى بعضها مع بعض - لا يستطيع الفيزيائيون، لسوء حظهم، تفسير كيف تولد الكواركات والگليونات الطيف الواسع من خصائص وسلوكيات البروتونات والنترونات وسائر الهادرونات الأخرى تفسيرا كاملا. فعلى سبيل المثال، إن مجموع كتل الكواركات والگليونات داخل البروتونات لا يكفي لإعطاء كتلة البروتونات الكلية؛ مما يشكل لغزا حول منشأ هذه الكتلة المفقودة. إضافة إلى ذلك، فنحن نعجب لكيفية عمل الگليونات بالضبط في ربطها للكواركات في المقام الأول، ثم لماذا يعتمد هذا الربط، كما يبدو، على نوع خاص من الشحنات اللونية للكواركات. أيضا، فنحن لا ندرك كيف ينشأ دوران البروتون - وهو كمية قابلة للقياس تسمى **سپيناً** spin - من سپينات الكواركات والگليونات داخله، حيث يكمن اللغز في أن إضافة سپينات المكونات الصغيرة بعضها إلى بعض ببساطة لا تعطي قيمة سپين الكل.

وعندما يتمكن الفيزيائيون من الإجابة عن هذه الأسئلة، نكون قد بدأنا باستيعاب كيف تعمل المادة في أدنى مستوياتها الأساسية. فالتعرف على الألغاز الرئيسة المحيطة بالكواركات والگليونات، التي سنتناولها بالتفصيل أدناه، يمثل بحد ذاته الخطوة الأولى لتفسير فيزياء المادة في أدق مستوياتها. وينبغي

(*) THE GLUE THAT BINDS US

(1) الگليونات مفردها گليون وهي كلمة مُعرَّبة منحوتة عن أصلها الإنكليزي **گلو** Glue ومعناها الغراء أو الصمغ.

(2) sea quarks

(3) antimatter

باختصار

إن المادة التي تكوّن عالمنا مصنوعة بشكل أساسي من جسيمات تدعى **كواركات** quarks يرتبط بعضها ببعض بجسيمات غروية، المسماة تسمية مناسبة **گليونات** gluons. وقام الفيزيائيون بخطوات واسعة لفهم عمل الكواركات والگليونات، لكنه بقيت بضعة ألغاز محيرة تحتاج إلى حل.

فمن غير الواضح مثلا كيف تسهم الكواركات والگليونات في كتلة البروتونات والنترونات في الذرات، أو كيف تعطي هذه الجسيمات سپيناتها. ويبدو أن للكواركات والگليونات شحنة «لونية» غريبة، مع أن البروتونات والنترونات لا تمتلك أي لون.

ويحتاج الفيزيائيون إلى مساعدة **تجارب مستقبلية** تكشف النقاب عن تفاصيل دقيقة لقوالب بناء المادة بغية فهم تأثر الكواركات والگليونات فهما أفضل.

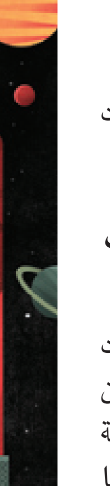
للبحوث الجارية والمستقبلية، بما فيها الدراسات المتعلقة **بالتراتيب**[١] configurations المثيرة للكواركات والگليونات، أن تساعد على حل هذه الألغاز. ومع بعض الحظ سنتمكن قريبا من اختراق الضباب.

من أين نشأت كتلة البروتون؟[*]

يمثل لغز الكتلة أحد أكثر الأسئلة صعوبة التي تغيظ الفيزيائيين ويعلل سبب العمل على الكواركات والگليونات المحير. ونحن نمتلك تصورا جيدا حول منشأ كتلة الكواركات والليپتونات - وهي صنف من الجسيمات تشمل الإلكترونات. فكتلتها تنشأ عن آلية **بوزون هيگز** Higgs boson - الجسيم الذي حظي اكتشافه في **مصادم الهادرونات الكبير** (LHC)[٢] في المختبر الأوروبي للبحوث النووية CERN بإثارة إعلامية عام 2012 - وعن **حقل هيگز** Higgs field المصاحب له الذي يعم الفضاء كله. فعند مرور الجسيمات عبر هذا الحقل تمنحها تأثراتها الكتلة. وغالبا ما يقال إن آلية هيگز هي المسؤولة عن تفسير منشأ الكتلة في الكون المرئي. إلا أن هذا القول غير صحيح؛ إذ إن كتل الكواركات تسهم فقط بـ 2% من كتلة البروتون والنترون على التوالي. ونرى أن منشأ النسبة المتبقية من الكتلة، 98%، يعود بالدرجة الأولى إلى فعل الگليونات. لكن الكيفية التي تساعد بها الگليونات على توليد كتلة البروتون والنترون غير واضحة نظرا لكون الگليونات نفسها عديمة الكتلة.

ويكمن مفتاح الحل لهذه المعضلة في معادلة <آينشتاين> المشهورة التي تربط بين كتلة الجسيم السكونية وطاقته. ويتبين لنا من عكس هذه المعادلة، أي من كتابة: $m = E/c^2$، أن منشأ كتلة البروتون (m) السكونية هو الطاقة مقاسة بوحدة سرعة الضوء (c). ونظرا لكون طاقة البروتون تتأتى من الگليونات في معظمها، فإن المرء نظريا يحتاج إلى تقدير الطاقة الصافية للگليونات لحساب كتلة البروتون.

بيد أن حساب طاقة الگليونات أمر صعب، جزئيا لكون طاقتها الكلية ناشئة عن بضعة عوامل مساهمة. فطاقة جسيم حر (غير مرتبط بجسيمات أخرى) هي طاقة حركته. غير أن الكواركات والگليونات غالبا لا توجد إطلاقا بشكل منعزل. فهي تبقى حرة لأزمنة غير قابلة للتخيل في صغرها (أقل من 3×10^{-24} من الثانية)، قبل أن تتحد معا لتشكل جسيمات **تحت ذرية**[٣] أخرى محجوبة عمليا عن الملاحظة. إضافة إلى ذلك، فإن طاقة الگليونات لا تتأتى فقط من الحركة وإنما هي وثيقة الصلة بالطاقة التي تسهم في الربط فيما بينها وبالكواركات لتشكل معا جسيمات ذات عمر أطول. ومن ثم، فإن حل لغز الكتلة يستلزم فهما أفضل لكيفية فعل الگليونات في ارتباطها. ولكن هنا أيضا تضع لنا الگليونات عقبات أمام حلنا للغز.



كيف تقوم الگليونات بالربط؟[**]

وفق أحد مستويات التعقيد، تبدو الإجابة عن السؤال المتعلق بكيفية ربط الگليونات سهلة: إنها تحسن استعمال القوة النووية الشديدة. إلا أن هذه القوة ذاتها محيرة.

فالقوة النووية الشديدة هي إحدى أربع قوى رئيسية موجودة في الطبيعة، إضافة إلى الجاذبية والكهرومغنطيسية والقوة النووية الضعيفة (والقوة الأخيرة هي المسؤولة عن التحلل[٤] الإشعاعي). ومن بين هذه القوى الأربع هي القوة الأقوى (ومن هنا كانت تسميتها). وإضافة إلى كونها القوة المسؤولة عن ربط الكواركات معا لتكوين الهادرونات، فهي القوة المسؤولة عن ربط البروتونات والنترونات معا في النوى الذرية متغلبة على قوة التنافر الكهرومغنطيسية الهائلة بين البروتونات المتماثلة الشحنة داخل النوى. ويصاحب كل قوة من القوى الأربع الموجودة في الطبيعة جسيم يعرف **بناقل القوة** force carrier. تماما كما أن **الفوتون** the photon - الوحدة الأساسية للضوء - هو ناقل القوة الكهرومغنطيسية، فإن الگليون هو ناقل القوة الشديدة.

حتى الآن يبدو الأمر حسنا. غير أن للقوة الشديدة مسلكاً غريباً غير متوقع في بعض الأحوال. وبموجب **الميكانيك الكمومي (ميكانيك الكم)** quantum mechanics، فإن مدى مفعول قوة ما يتناسب عكسيا مع كتلة ناقل القوة. فالقوة الكهرومغنطيسية، على سبيل المثال، لها مدى لامتناه؛ فإلكترون حر على الأرض سيعاني، من حيث المبدأ، قوة تنافر ضئيلة بتأثير إلكترون في الجانب الآخر للقمر. لذلك، فإن الفوتون، وهو ناقل القوة بين الإلكترونين، سيكون عديم الكتلة. وعلى النقيض من ذلك، فإن مدى تأثير القوة الشديدة لا يتعدى نوى الذرات؛ مما يعني أن كتلة الگليونات ستكون كبيرة جدا. ولكن الگليونات تبدو كما

(*) WHERE DOES PROTON MASS COME FROM?
(**) HOW DO GLUONS BIND?
(١) أو: تشكيلات.
(٢) the Large Hadron Collider، [انظر: «تناظر فائق والأزمة في الفيزياء»، العلوم، العددان 2/1(2015)، صفحة 68]
(٣) subatomic
(٤) أو: التفكك.



المؤلفون

Rolf Ent

<**إنت**> يعمل في منشأة مسرع ثوماس جيفرسون القومي في مدينة نيوبورت نيوز بفرجينيا منذ عام 1993. وهو المدير المشارك للفيزياء النووية التجريبية هناك والناطق الإعلامي للعديد من التجارب المتعلقة بدراسة بنية الكوارك-الگليون للهادرونات والنوى الذرية.



Thomas Ullrick

<**أورليخ**> التحق بمختبر بروكهاڤن القومي في عام 2001 ويقوم في الوقت ذاته بإجراء البحوث والتدريس في جامعة ييل. وقد شارك في تجارب عدة، أولا في المختبر الأوروبي للبحوث النووية CERN قرب جنيف ومؤخرا في بروكهاڤن، للبحث عن بلازما الكوارك-الگليون ودراستها. وتتركز جهوده الحالية على تحقيق مصادم إلكترونات مع أيونات.

Raju Venugopalan

يرأس <**ڤينوجوپالان**> فريق النظرية النووية في مختبر بروكهاڤن القومي، حيث يدرس تأثر (تفاعل) الكواركات والگليونات عند الطاقات العالية.

لو أنها عديمة الكتلة.

وللقوة الشديدة أيضا سلوك غريب آخر، حيث إنها تربط الكواركات بقوة أكبر كلما زادت المسافة بينها. وبالمقابل، فإن القوة الكهرومغنطيسية المؤثرة بين مغنطيسين تكون أقوى كلما قلّت المسافة بينهما، وتضعف مع زيادة المسافة بينهما. وقد لاحظ الفيزيائيون الكواركات لأول مرة في ستينات القرن العشرين وذلك من خلال تجارب، أجريت في مركز مسرع ستانفورد الخطي (يعرف الآن باسم مختبر مسرع سلاك SLAC القومي)، تتناول صدم إلكترونات عالية الطاقة بأهداف من البروتونات. وفي بعض الأحوال لوحظ أن الإلكترونات تمر عابرة مباشرة، بينما لوحظ في حالات أخرى أن الإلكترونات تصطدم بشيء صلب وترتد إلى الخلف. وقد كشفت سرعة ارتداد الإلكترونات واتجاهها عن وجود كواركات داخل البروتونات، وكشفت كذلك عن **ترتيب**[1] هذه الكواركات. وبينت **تجارب التشتت العميقة** (DIS)[2] هذه أن قوة تأثير الكواركات في بعضها البعض تكون ضعيفة عند المسافات القصيرة الفاصلة بينها، بينما لاتظهر كواركات حرة؛ ما يعني وجود قوة جر كبيرة فيما بينها عند المسافات الكبيرة.

لتقريب كيفية عمل القوة الشديدة إلى الذهن، نتخيل كواركين مرتبطين ببعضهما بأوتار مرنة. فعندما يكونان قريبين من بعضهما البعض يرتخي الوتر ولا يظهر تأثير توتر فيهما. بينما عندما يبتعد الكواركان عن بعضهما البعض، فإن قوة توتر الوتر تمسكهما معا. ويقابل مقدار القوة بين الكواركات ما يعادل وزن 16 طناً مترياً عند مسافة فاصلة بينهما في حدود قطر البروتون. ولكن، ماذا يحصل إذا أثرت قوة خارجية عكس اتجاه القوة المتبادلة بين الكواركات؟ ببساطة ينقطع الوتر. لكن، كيف يحصل انقطاع الوتر فهو لغز آخر لا نستطيع تفسيره بالكامل، وهو مركزي لقصة الكيفية التي يلصق الغراء الگليونات داخل النوى الذرية وليس خارجها.

لماذا لبعض الجسيمات ألوان؟(*)

في سبعينات القرن العشرين طور الفيزيائيون نظرية عرفت **بالديناميكا اللونية الكمومية** (QCD)[3] تصف، رياضياتيا، القوة الشديدة. تماما مثل القوة الكهرومغنطيسية التي تتمحور حول شحنة الجسيم الكهربائية، فإن الديناميكا QCD تتمحور حول خاصية تعرف **بشحنة لونية**[4]. ويساعد مفهوم اللون فعلا على توضيح السلوك المختلف للقوة الشديدة مقارنة بالقوة الكهرومغنطيسية، ولكنه في الوقت نفسه، يثير رهطاً من الألغاز الجديدة – مثل لماذا تمتلك بعض الجسيمات ألوانا بينما تفتقر إليها جسيمات أخرى، ومن ثمّ هل هي عمياء اللون.

وبموجب الديناميكا QCD، فإن الكواركات والگليونات تمتلك خاصية الشحنة اللونية. وتتبادل جميع الجسيمات الملونة التأثير بعضها في بعض بتبادل الگليونات؛ ما يعني أيضا أن تبادل الگليونات لا يقتصر على الكواركات وإنما تتبادلها أيضا فيما بينها. ويمثل هذا المضمون في الديناميكا QCD قفزة كبيرة مقارنة بالكهرومغنطيسية – فالفوتونات لا تتفاعل بعضها مع بعض كما هو مشاهد بالعيان عندما تتقاطع حزمتا ضوء في غرفة مغبرة. غير أن الفيزيائيين يرون أن لتفاعل الگليونات الذاتي علاقة سببية مركزية لضعف القوة الشديدة عند المسافات القصيرة بين الجسيمات الملونة. فالگليون يستطيع مؤقتا التحول إما إلى زوج كوارك وكوارك مضاد أو إلى زوج گليونات قبل أن يعود إلى گليون واحد. وبينما تجعل تقلبات الكواركات ومضاداتها قوة التفاعل بين الجسيمات الملونة أشد، فإن تقلبات أزواج الگليونات تؤدي إلى إضعاف قوة التفاعل هذه. ونتيجة سيادة اهتزازات الگليونات هذه في الديناميكا اللونية الكمومية على تبادل الكواركات تكون هي الرابحة. (حاز الفيزيائيون <J .D. گروس>، و <F. ويلزك> و <H. D. پوليتزر> على جائزة نوبل عام 2004 على هذا الاكتشاف.)

وخلال العقود التي تلت ظهور الديناميكا QCD أكدت التجارب التي أجريت في العالم كله هذه النظرية وما ينتج منها، وأنها أحد أركان **نموذج الفيزياء المعياري**[5]. ومع ذلك تبقى تفاصيل عديدة محيرة في هذه النظرية. ومما يلفت النظر،

(*) WHY DO SOME PARTICLES HAVE COLORS?
(1) arrangement؛ أو: تشكيل.
(2) deeply inelastic scattering
(3) quantum chromodynamics
(4) color charge
(5) the standard model of physics

(*) Our Crowded Cosmos

على سـبيل المثال، أنه على الرغم من أن البروتون يتألف من ثلاثة گليونات تمتلك، منفردة، أحد الألوان الثلاثة، لنقل أحمر، أو أخضـر أو أزرق؛ فـإن البروتـون لا يمتلك شحنة لونية. وكذلك الأمر في حالة أحد الهادرونات المسـمى **الباي ميزون** π meson (يعرف غالبا باسـم **بيون** pion) الـذي يتألف مـن زوج كـوارك وكوارك مضاد، فهذا الجسـيم لا شـحنة لونية له علـى الرغم من امتـلاك مكوناته لها. وإن تعادل الشـحنة اللونية للهادرونات يماثل تعـادل الشـحنات الكهربائية في حالة الذرات. ولكنه بينما تنعدم الشحنة الصافية في الذرات نتيجة محو شـحنة البروتونات الموجبة بفعل الشحنة السالبة للإلكترونات، فإن كيفيةَ تعادل الشـحنة اللونية للهادرونات نتيجة ضم الشحنات اللونية للكـواروكات والگليونات أمرٌ غير واضح في نظرية الديناميكا QCD.

وينبغي على نظريـة الديناميكا QCD أن تفسـر كذلك كيف تتغلـب البروتونات والنترونات على التنافر الكهرومغنطيسي القوي بين البروتونـات لتجعلها تتلاصق داخل الذرات. فعلى الرغم من بعض التقدم الذي حازتـه النظرية، إلا أن التوصل إلى الفيزياء النووية من الديناميكا QCD يبقى في موضـع التحدي. ويرجع اسـتمرار وجـود هذا العائق إلـى أن حل معادلات الديناميـكا QCD هو بالـغ الصعوبة عند المسـافات الكبيرة، حيث تصبح القوة بين الكواركات والگليونات شديدة جدا. وكذلك نفتقـر إلى برهان رياضياتـي لتبيان ما يؤكـد حصول حصر للگليونـات الملونة والكواركات الملونة داخـل الهادرونات عديمة اللون. إن **الحصر**[1] confinement مسـألة تُقدر بمليون دولار – فهي أحد الألغاز الستة التي عينتها مؤسسة كلاي للرياضيات؛ فخصصت جائزة بمليون دولار لن يقوم بحل أي منها.



لمَ لا تتضاعف الگليونات إلى الأبد؟(**)

نتيجـة مثيرة مـن نتائج الديناميـكا QCD، وهي أن عدد الگليونـات والكـواركات داخـل البروتون المعـروف، يمكن أن يتغيـر تغيـرات مألوفة. وإضافة إلى الكـواركات الثلاثة الأساسـية، فإن أعـدادا متغيرة من الگليونـات تتطاير مثل فراشات النار، متناوبة الظهور والاختفاء من الوجود، وأزواج من الكواركات والكواركات المضادة تتشكل وتتحلل؛ والنتيجة رغوة كمومية من الجسيمات تظهر وتختفي. ويرى الفيزيائيون أنـه عندما تصـل البروتونات والنترونات سـرعا عالية جدا تنفصم الگليونات داخل البروتونات إلى أزواج من الگليونات

(*) Fundamental Particles
(**) WHY DO GLUONS NOT MULTIPLY FOREVER?
(١) أو: التقييد.

حالات غريبة مثيرة للمادة

أوجد الفيزيائيون نظريا، وفي حالات قليلة، تركيبات غير معتادة من الكواركات والكليونات تتجاوز تلك المألوفة في البروتونات والنترونات. وهذه الحالات النادرة الغريبة تزودنا بفرص جديدة لدراسة التآثرات (التفاعلات) الممكن حدوثها بين الكواركات والكليونات - والتي بإمكانها المساهمة في حل بعض الألغاز الرئيسية للمادة.

الكريات الكليونية وأضرابها

تُظهر المحاكاة النظرية أنه بإمكان الكواركات والكليونات أن تتراكب لاستحداث جسيمات إلى جانب البروتونات والنترونات. فمن الممكن، على سبيل المثال، وجود جسيمات الكريات الكليونية التي تتألف من كليونات فقط (a). أيضا من الممكن تشكل جسيمات هجينة عبارة عن حالات مرتبطة من الكواركات ومضاداتها والكليونات (b)، أو حالات رباعية الكواركات تتألف من كواركين مرتبطين بمضاديهما (c). وتتوافر الآن شواهد متزايدة على وجود رباعية الكواركات، ولو أن الكريات الكليونية والجسيمات الهجينة ما زالت تنتظر الاكتشاف.

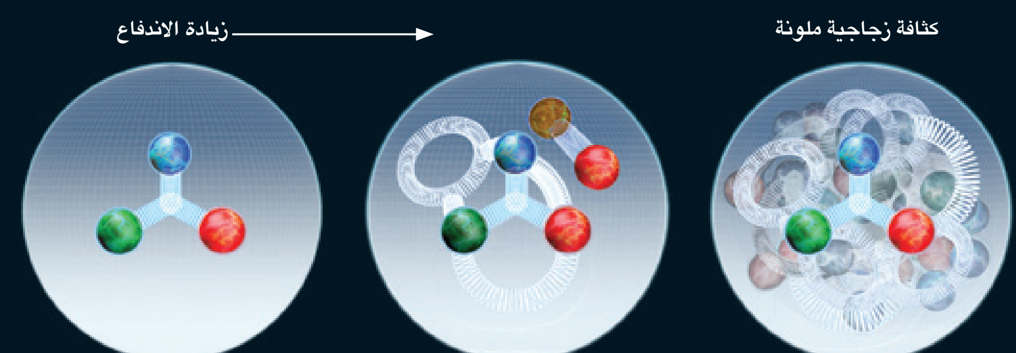






حالة مشبعة

عند تسريع البروتونات والنترونات إلى سرع هائلة تبدأ الكليونات داخلها بالتكاثر. فعند السرع الكبيرة تزداد طاقة البروتونات؛ مما يؤدي إلى تشظي الكليونات إلى أزواج كليونية بنات كل منها بطاقة أقل من طاقة الكليونات الأصلية. والكليونات الوليدة، بدورها، تتشظى إلى كليونات وليدة أخرى بطاقات أقل أيضا. وفي نهاية المطاف يصل البروتون إلى الحد الذي لا يمكن بعده أن يتسع لمزيد من الكليونات، أي إلى حالة إشباع أو انشغال عظمى - وهي حالة نظرية تسمى كثافة زجاجية لونية[1]. وهناك مؤشرات قوية لوجود مثل هذه الحالة في مسرعات الجسيمات ولكنه لا يوجد برهان مؤكد حتى الآن.



تقليد الكون الوليد (المبكر)

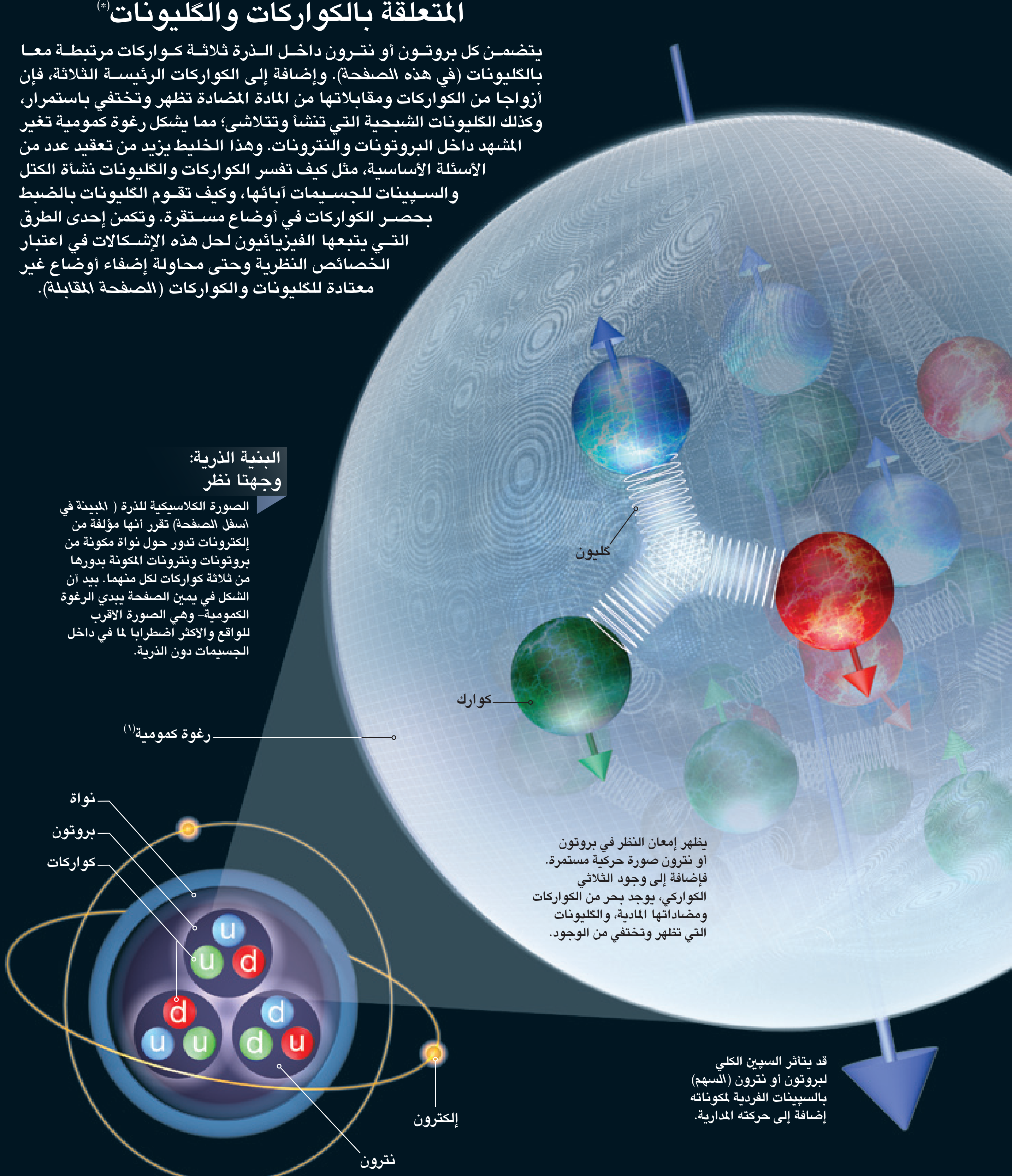
عندما كان الكون فتيا كانت درجة الحرارة عالية إلى الحد الذي لا يسمح بتشكل الذرات أو حتى وجود البروتونات والنترونات في حالة مستقرة. عندئذ كانت الكواركات والكليونات تَئِزّ buzzed بحرية كأسراب متدحرجة. وقد نجحت تجارب المسرعات الأرضية حديثا في الوصول إلى هذه الحالة، المسماة بلازما الكواركات والكليونات (الرسمة الفنية أدناه في اليسار)، وذلك بسحق النوى الذرية معا عند سرعات تقارب سرعة الضوء. وبدراسة هذه البلازما خلال تبردها يستطيع الفيزيائيون أن يتعلموا ليس فقط ما يتعلق بسلوك الكواركات والكليونات وإنما أيضا بخصوص التطور المبكر لكوننا.



(١) color glass condensate

الإشكالات (التساؤلات) المتعلقة بالكواركات والگليونات(*)

يتضمن كل بروتون أو نترون داخل الذرة ثلاثة كواركات مرتبطة معا بالگليونات (في هذه الصفحة). وإضافة إلى الكواركات الرئيسة الثلاثة، فإن أزواجا من الكواركات ومقابلاتها من المادة المضادة تظهر وتختفي باستمرار، وكذلك الگليونات الشبحية التي تنشأ وتتلاشى؛ مما يشكل رغوة كمومية تغير المشهد داخل البروتونات والنترونات. وهذا الخليط يزيد من تعقيد عدد من الأسئلة الأساسية، مثل كيف تفسر الكواركات والگليونات نشأة الكتل والسپينات للجسيمات آبائها، وكيف تقوم الگليونات بالضبط بحصر الكواركات في أوضاع مستقرة. وتكمن إحدى الطرق التي يتبعها الفيزيائيون لحل هذه الإشكالات في اعتبار الخصائص النظرية وحتى محاولة إضفاء أوضاع غير معتادة للگليونات والكواركات (الصفحة المقابلة).



البنية الذرية: وجهتا نظر

الصورة الكلاسيكية للذرة (المبينة في أسفل الصفحة) تقرر أنها مؤلفة من إلكترونات تدور حول نواة مكونة من بروتونات ونترونات المكونة بدورها من ثلاثة كواركات لكل منهما. بيد أن الشكل في يمين الصفحة يبدي الرغوة الكمومية- وهي الصورة الأقرب للواقع والأكثر اضطرابا لما في داخل الجسيمات دون الذرية.

يظهر إمعان النظر في بروتون أو نترون صورة حركية مستمرة. فإضافة إلى وجود الثلاثي الكواركي، يوجد بحر من الكواركات ومضاداتها المادية، والگليونات التي تظهر وتختفي من الوجود.

قد يتأثر السپين الكلي لبروتون أو نترون (السهم) بالسپينات الفردية لمكوناته إضافة إلى حركته المدارية.

(*) The Quandaries of Quarks and Gluons

(1) quantum foam

الجديدة، ولكل منها طاقة أقل بقليل من طاقة الگليونات الآباء المولدة لهـا. وبدورها، فإن الگليونات الوليـدة تنتج گليونات وليـدة أخرى بطاقـات أقل أيضا. وانشـطار الگليونات هذا يشـبه ماكينة **الفشـار** popcorn التي هي خارجة عن التحكم. وتتوقع النظرية أن تستمر عملية التشظي هذه إلى الأبد - مع أننا نعرف أن هذا لا يحصل.

لـو اسـتمرت الگليونات بالإنجـاب، لتطايـر الغطاء عن ماكينة الفشـار - وبكلام آخر سيصبح البروتون غير مستقر وسـينهار. ونظرا لأن المادة مسـتقرة (فنحـن موجودون)، فمن البيّن ضرورة وجود شـيء يكبح جماح الإنتاج المستمر للگليونات ويوقف تسلسـل الإنتاج - ولكـن مـا هو هـذا الشـيء؟ إحدى الأفـكار المقترحـة أن الطبيعة تمكنت من وضع إشـارة للإشـغال الأعظمي بحيـث عندما يصبح عـدد الگليونات كبيرا بحيـث تتراكب بعدها الگليونات داخـل البروتـون. وسيسـبب التآثر الذاتي المتبـادل الشـديد تنافرها والتحـام الگليونات ذات الطاقة المنخفضـة منتجة گليونات بطاقة أكبـر. وعندما يقل النمو في عدد الگليونات، تصل الگليونات إلى حالة مسـتقرة بين التشظي والاتحاد تعرف **بتشبع الگليونات**[١]؛ مما يجعل ماكينة الفشار تحت السيطرة.

يمكن أن يتغير عدد الگليونات والكواركات داخل البروتون المألوف تغيرات واسعة.

إن تخمين حالة الگليونات المشـبعة، التـي غالبا ما تعرف **بكثافة زجاجية لونية** color glass condensate، هي جوهر منقى لبعـض أقوى القوى في الكون. ونحن نمتلك، حتى الآن، مجرد إشارات لوجود هذه الكثافة، وخصائصها غير مفهومة بالكامل. ويستطيع الفيزيائيون دراسة الگليونات في أكثف حالاتها بسبر أغوار هذه الحالة بتجارب التشتت العميقة الأقوى من مثيلاتها المتاحـة حاليا. فهل حقل القوة الـذي يحدد عدد الگليونات في الكثافة الزجاجية اللونية هو نفسـه حقل الحصر نفسـه الذي يربـط البروتونات أصلا؟ وإذا كان الأمـر كذلك، فإن بالإمكان الحصول على تصور جديد لكيفية توليد الگليونات لهذا الحقل من ملاحظة الحقل ذاته في سياقات مختلفة.

ما منشأ خاصية السپين للبروتونات؟(*)

يبقـى فوق ذلك اللغز المتعلق بكيفية مسـاهمة سـپينات الكـواركات والگليونات في سـپينات **الجسـيمات الآباء**[٢] الكلية. إذ إن لجميع الهادرونات سپيناً يشبه الطاقة الدورانية لبلبل[٣] يغزل حول محوره. وتغزل الهادرونات ذات السپينات المختلفة وتبادر وتلف باتجاهات مختلفة في حال وجودها في حقول مغانط قوية.

وتبين التجارب التي تسـبر سـپين بروتون أن الكواركات تسـهم في 30% من السپين الكلي. إذن، ما منشأ باقي سپين الهادرونات؟ إن صورة الجسـيمات المتعددة للبروتون كبحر مائج من الكواركات والگليونات تفضي إلى القول مباشرة إن منشـأ الكمية المتبقية من السپين هو گليونات. بيد أن تجارب صدم البروتونات المسـتقطبة (حيث يكون سپينها إما باتجاه حركتهـا أو عكس ذلك) ببروتونات مسـتقطبة أخرى تبين أن مساهمة سپينات الگليونات في سپين البروتون هي قرابة 20% فقط - مما يعني أن نحو 50% من السپين مازال مفقودا.

ويوضـح شبيه سماوي حلا ممكنا. إن الزخم[٤] الزاوي للمنظومة الشمسية عبـارة عن مجموع سـپينات الكواكب حـول محاورها(سـپينها) إضافة إلى حركاتهـا المداريـة حـول الشـمس. وبالمثـل، فإن للكـواركات والكواركات المضـادة والگليونات المحصورة داخل البروتونات حركةً مدارية أيضا. ولفهم أهمية الحركة المدارية هذه ينبغي تصور سـرعات ومواضع الكواركات والگليونات داخل البروتون. ويشترك أحدنا (‹إنت›) في إجراء التجارب DIS باسـتخدام حزم إلكترونية بطاقـات عالية جدا لاختبار هذا التصـور. أي إننا، من حيث التفصيـل، ننتقل من أخذ لقطات فوتوغرافية إلى فيلم سينمائي ثلاثي الأبعاد للمادة في أدنـى أبعادها الذي يصل إلى أجزاء من الفيمتومتر (أقل من كوادريليون من المتر).

حالات غريبة مثيرة للمادة(**)

حتى نفهم طبيعة تآثرات (تفاعلات) الكواركات والگليونات الفعلية، فلا بد من دراسـتها في تراتيـب ممكنة مختلفة عن التراتيـب المألوفة فـي البروتونات والنترونات والجسـيمات الأخرى المعروفة جيدا. فالديناميكا QCD تسمح بوجود حالات هادرونية غريبـة إضافة إلى حالات البروتونـات والنترونات المألوفـة. فعملية **المحـاكاة** simulation تفسـح المجال لوجود هادرونات عديمة اللون أخرى، كالكرات الگليونية (التي تحوي گليونـات فقط)، و «كجزيئـات» تتألف من زوجين من الكوارك والكوارك المضاد أو وجود كينونات هجينة تصنف تحت مسمى

(*) WHERE DOES PROTON SPIN COME FROM?
(**) EXOTIC STATES OF MATTER
(١) gluon saturation
(٢) parent particles
(٣) أو: خذروف.
(٤) أو: الاندفاع.

حالات مرتبطة من الكواركات ومضاداتها والگليونات[1]. بيد أن الشواهد التجريبية لمثل هذه الهادرونات الغريبة محدودة، باستثناء شواهد مرشحة لجزيئات رباعية الكوارك قليلة حتى الآن. إلا أن هــذا الوضع قد يتغير بشــكل كبير بفضل عدد من محاولات البحث التجريبيــة التي تُجرى في بقاع مختلفة من العالم. وعلى وجه الخصوص، في تلك المنشــأة المســماة GlueX التي بدأت عملها في مسرع مختبر توماس جيفيرسون القومي في نيوبورت.

حديثــا اكتشــف الفيزيائيــون حالة غريبة أخــرى للمادة تعرف **ببلازما الكوارك-الگليون**[2]. وتتشكل هذه الحالة عندما تتصادم النوى الذرية بسرعات قريبة من سرعة الضوء. ويخمن الفيزيائيون النظريون أنه عندما تصطدم البروتونات والنترونات ذوات السرعات الهائلة للنواتين المتصادمتين ببعضهما البعض، فإن كثافتيهما الزجاجيتين اللونيتين تتطايران، كاســرة بذلك حالة الحصر للكواركات والگليونات ومطلقة طاقة الكثافة لتولد ســربا هائجا من الكواركات والگليونــات. وهذه البلازما هي أسخن مادة تم اســتحداثها على الأرض، بدرجة حرارة تزيد على أربعة تريليونات درجة ســلزية. والشيء المثير للدهشة أن هذه المادة تســري دونما مقاومة تذكر – فمقاومتها على الأقل أقل بعشرين مرة من المقاومة التي يسري بها الماء.

وتحمل بلازمــا الكوارك-الگليون شــبها قويا للكون في بدايتــه. ويلاحظ العلمــاء العاملون في المختبــرات التي تم اســتحداث هذه البلازمــا بها – مختبــر بروكهاڤن القومي لمصادم الأيونات الثقيلة النسبوي والمصادم LHC في المختبر الأوروبي للبحوث النوويــة CERN – أنها الآن أصغر الموائع وأكثرها اكتمالا في العالم. وبمراقبة مثل هذه البلازما خلال تبردها تمكن اثنان منــا (‹أولرخ› و‹ڤينوجوپالان›) وآخرون من التوصل إلى تصور لكيفية تطور الكون. وبهندسة تحطيم البروتونات والنترونات لتنتج بلازما بهذه الطريقة، يســتطيع الباحثون دراســة عملية حصر الكواركات والگليونات بشكل معكوس آملين بكشف اللغز المتعلق بكيفية ارتباط الكواركات والگليونات بعضها ببعض.

طريق إلى الأمام(*)

بصورة مثالية، يودّ الفيزيائيون عمل خرائط تبين مواضع، وحركات وســپين الگليونات والكــواركات داخل البروتونات والنترونــات. وستســاعدنا مثل هذه الخرائط على حســاب مســاهمات الكواركات والگليونات في كتل جسيمات آبائهم الكلية وسپيناتها. ومثل هذه الخرائط ستزودنا بنظرة متعمقة غير مســبوقة بخصوص نشــاط الكواركات والگليونات في الربط بين البروتونات والنترونــات معا. وتركيب هذه الصور يستلزم وجود **فيمتوسكوب** femtoscope – وهو عبارة عن **آلة تشــت**[3] غير مرن وعميق مماثل **للمجهر (للميكروســكوب)** microscope الذي يستشف ما في داخل الكون عند مقاسات تبلغ جــزءا من الألــف من نصف قطــر البروتون. وينشــد مختبرا جيفيرســون وبروكهاڤن في الولايات المتحدة التمويل والموافقة على مشروع فيمتوسكوب يقوم بمصادمة إلكترونات ببروتونات مستقطبة وبنوى الرصاص. وعلى نقيض التجارب الســابقة، التي قامت بصدم الإلكترونات الســريعة بأهداف نووية ســاكنة، فإن كلا النوعين من الجســيمات سيتسارع إلى ســرعات قريبة من سرعة الضوء قبل تصادمها تصادما رأسيا في هذه الآلة.

إن مشــروع **مصــادم الإلكترونــات والأيونــات** (EIC)[4] ســيؤدي إلى الحصول على مســتويات في الشــدة لا مثيل لها، وهذا يعني أن الجســيمات في الحزم المتصادمة ستكون مكدسة معا والأعداد ستكون من الكبر؛ بحيث إن الارتطامات تحصل بمعــدلات وتكرارات أكبر مما كانت عليه الحال حتى الآن. وزيــادة معدل حدوث الارتطامات إلى 1000 ضعف مما كان عليه الأمر في المصادم DIS الســابق، ســيتيح للباحثين الحصــول على العديد من اللقطــات الفوتوغرافية المنفردة لما في داخل البروتونات والنترونات.

لقد تمكن الفيزيائيون منــذ صياغة الديناميكا QCD على مدى الأربعة عقــود الماضية، من تحقيق قفزات في تفســير ســبب سلوك **القوة الشــديدة**[5] المعروف، ومن فهم أين توجد الفجوات المتعلقة بديناميكا الكواركات والگليونات. ومع ذلك، لــم نتمكن مــن ملء القطــع المفقودة اللازمــة لصياغة قصة مترابطة وبســيطة لتبيان كيف تقوم الگليونات بالربط. وتغذي أنواع التقانات التي نقوم بتطويرها حاليا آمالنا بفك اللغز بعد مرور أربعين ســنة أخرى، وفي النهاية سنحطم اللغز الرئيس المتعلق بكيفية تكوين المادة في أدق مستوياتها. ■

(*) THE WAY FORWARD
(١) quark-antiquark-gloun-bound states
(٢) quark-gluon plasma
(٣) tool akin
(٤) the electron-ion collider
(٥) the strong force

مراجع للاستزادة

Reliable Perturbative Results for Strong Interactions? H. David Politzer in *Physical Review Letters*, Vol. 30, No. 26, pages 1346–1349; June 25, 1973.

Ultraviolet Behavior of Non-Abelian Gauge Theories. David J. Gross and Frank Wilczek in *Physical Review Letters*, Vol. 30, No. 26, pages 1343–1346; June 25, 1973.

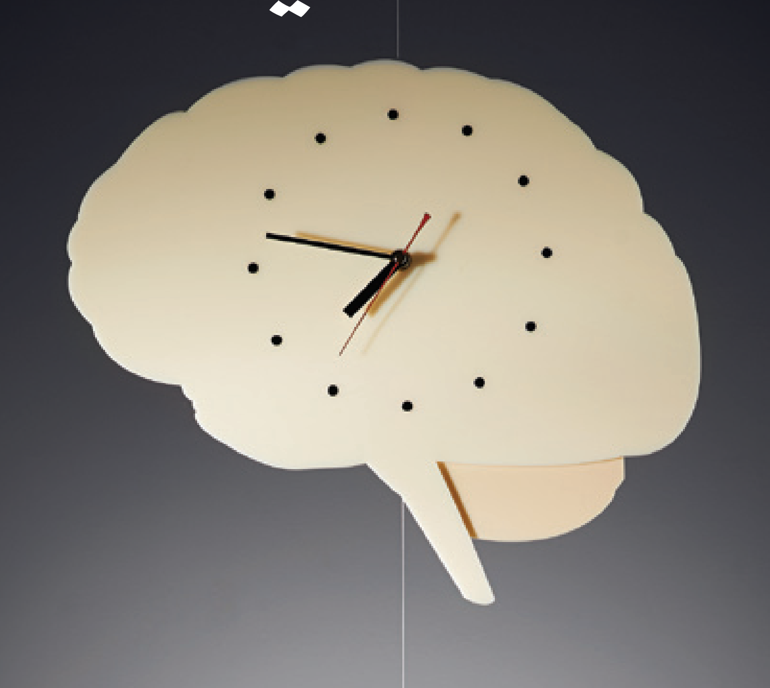
Scientific American, May 2015





المجلد 31 العددان 8/7
يوليو/ أغسطس 2015

الساعات في داخلنا(*)



تعمل جينات في الكبد والبنكرياس والنسج الأخرى (لا في الدماغ وحده) على إبقاء مختلف أجزاء الجسم في حالة تناغم زمني. وقد يؤدي حدوث أخطاء في التوقيت إلى الإصابة بداء السكري والاكتئاب وأمراض أخرى.

<K .C. سوما> – <F .W. تورك>

يشعر كل من يسافر جوا شرقا أو غربا بسرعة 500 عقدة، مدة تزيد على بضع ساعات، بما يحدث عندما تغدو ساعة الجسم الداخلية غير متوافقة مع **المنطقة الزمنية**[1] التي تجد نفسها فيها. ولربما احتاج المرء إلى مدة قد تصل إلى أسبوع كي يتجاوز آثار الإرهاق الناجم عن **فرق التوقيت**[2] – وذلك تبعا لمدى حاجة **الساعة الرئيسية**[3] the master clock، المتوضعة في أعماق الدماغ، إلى الإسراع أو الإبطاء بغية تحقيق التناغم الزمني عندما يطلب الجسمُ والدماغ النومَ بعد حلول الظلام في الخارج. لكن ما يثير العجب حقا ما اكتشفه العلماء – خلال بضع سنوات ماضية – من أن الجسم يعتمد، إضافة إلى الساعة الرئيسية في الدماغ، على **ساعات موضعية** regional clocks متعددة توجد في الكبد والبنكرياس وغيرهما من الأعضاء، وكذلك في النسيج الدهني للجسم. فإذا ما خرج أي من هذه **الساعات المحيطية**[4] peripheral clocks عن تناغمها الزمني مع الساعة الرئيسية، فإن الفوضى الحاصلة قد تمهد السبيل للإصابة بالبدانة وداء السكري والاكتئاب، وغير ذلك من الاضطرابات المعقدة.

وقد سعى كلانا جاهدا إلى استقصاء تفاصيل آلية عمل هذه الساعات المحيطية وتعرف الجينات التي تضبط عملها. ويذكر أن أول جين ساعة بيولوجية جرى عزله أو استنساخه، كان من ذباب الفاكهة عام 1984. وكان أحدنا (<تورك>) من ضمن أعضاء فريق البحث الذي استنسخ وتعرف عام 1997، جينا آخر لساعة بيولوجية، وهو أول جين من نوعه يكتشف في الثدييات. وتشير أحدث إحصائية إلى أن باحثين من شتى أنحاء العالم حددوا عشرات الجينات التي تساعد الجسم على ضبط الوقت، ومن جملتها تلك الجينات التي باتت تعرف بأسماء من مثل: **ساعة** Clock، و**المدة** Per (اختصارا لـ period)، و**خالدة** Tim (اختصارا لـ timeless).

ولئن تركزت دراساتنا المخبرية على الفئران في المقام الأول، لتعرفنا **جينات ساعة يوماوية** (تتكرر كل 24 ساعة تقريبا)[5] عن طريق سلسلة مدهشة من **المتعضيات الحية**[6]، بدءا من البكتيريا ومرورا بذباب الفاكهة ووصولا إلى البشر. ويبدو الكثير من هذه الجينات متشابها في طيف واسع من الأنواع – وهذا يدل على أنها كانت ذات أهمية مركزية **للبقيا** survival طوال عملية التطور الطبيعي.

ويتمثل التطور الأكبر حتى الآن في إدراك كنه وظيفة الساعات في اضطرابات **الاستقلاب**[7] metabolism، وهو مجموعة العمليات الحيوية التي يحول الجسم بوساطتها الغذاء إلى طاقة ويختزن الوقود لاستعماله لاحقا. (ومن بين أكثر النتائج إثارة للدهشة أن أهمية توقيت تناول الطعام تبدو

(*) THE CLOCKS WITHIN US

(1) time zone: منطقة جغرافية يستعمل ضمنها توقيت قياسي واحد.

(2) jet lag: حالة نفسية ووظيفية، من مظاهرها التعب وحدة المزاج، يعانيها المسافر بعد رحلة طويلة بالطائرة عبر مناطق زمنية متعددة. وتنشأ عن اختلال الإيقاعات البيولوجية داخل الجسم، المتزامنة مع دورة أربع وعشرين ساعة تقريبا.

(3) أو: المركزية.

(4) أو: الثانوية.

(5) circadian clock genes؛ أو الساعات (أو جينات ساعة) اليوماوية.

(6) living organisms؛ أو: الكائنات الحية.

(7) أو: الأيض.

(8) cellular (or regional) clocks

(9) أو: المركزية.

باختصار

عميقا داخل الدماغ ترتكز ساعة رئيسية تضبط توقيت كثير من العمليات البيولوجية التي تحدث في جسم الإنسان.

وفي غضون السنوات القليلة الماضية، **دلل الباحثون على** أن ثمة **ساعات خلوية (أو موضعية)**[8] قد توجد في الكبد والبنكرياس وأعضاء أخرى من الجسم كذلك.

وغالبا ما يكون **تناول الطعام** أو النوم في أوقات خاطئة مدعاة لاختلال تناغم هذه الساعات المحيطية مع ساعة الدماغ الرئيسية[9].

وتتنامى الأدلة على أن هذه **الاضطرابات البيوزمنية** chronobiological disruptions من شأنها أن تعرض الأفراد للإصابة بالبدانة وداء السكري والاكتئاب وغيرها من الاعتلالات. وفي السنوات القادمة، من المؤمل أن تسهم إعادة ضبط ساعات الجسم البيولوجية المتعددة في استعادة الصحة والأداء السليم لوظائف الأعضاء.

المؤلفان



Keith C. Summa

‹**سوما**› طالب دراسات عليا تأهل لدرجة الدكتوراه في الطب من كلية فاينبرگ الطبية بجامعة نورث ويسترن في مدينة شيكاغو بولاية إلينوي الأمريكية. ويهتم بالتعمق في تطبيق نتائج بحوث **الإيقاعات الدورية اليوماوية**[١] على الطب السريري.

Fred W. Turek

‹**تورك**› باحث مختص بالبيولوجيا العصبية، ومدير مركز بيولوجيا النوم والبيولوجيا الدورية اليوماوية في جامعة نورث ويسترن. وهو المدير المؤسس لجمعية بحوث الإيقاعات البيولوجية.

معادلة لأهمية الطعام المتناول نفسه من حيث ضبط زيادة الوزن.) وبطبيعة الحال، فإن الإيقاعات اليوماوية لا تفسر جميع جوانب هذه الحالات المعقدة، لكننا نتجاهل وجود الساعات العديدة في أجسامنا على مسؤوليتنا الخاصة، وبما يحمله ذلك التجاهل من تبعات علينا، علما بأن الإدراك المتنامي بسرعة لهذه الإيقاعات حري بإحداث تغيير جذري في طرائق تشخيص الأمراض وعلاجها في المستقبل، وفي تحسين قدرة الأفراد على العناية بصحة أجسادهم ووقايتها من الأمراض.

ساعة رئيسية[*]

وعلى الأرض تخضع الحياة كلها، من أعقد كائناتها الحية إلى أبسطها، لإيقاعات يوماوية توافق اليوم المؤلف من أربع وعشرين ساعة. والإيقاعات اليوماوية موجودة حتى في بواكير أنماط الحياة: أي في **البكتيريا الزرقاء** cyanobacteria، وهي طحالب وحيدة الخلية ذات لون أخضر مائل إلى الزرقة، وهذه الطحالب تنتشر اليوم في **بيئات طبيعية** habitats شتى. وتستمد هذه الكائنات الحية الطاقة من الشمس بعملية **التركيب الضوئي** photosynthesis، مستعملة الضوء لتعزيز إنتاج الجزيئات العضوية والأكسجين من ثنائي أكسيد الكربون والماء.

وثمة ساعة داخلية تُمكن كل بكتيرة زرقاء من تفعيل آليتها الخاصة بالتركيب الضوئي قبل شروق الشمس؛ مما يتيح لها البدء باستخلاص الطاقة حالما يبدأ الضوء بالسطوع ويعطيها أفضلية على المتعضيات الخلوية التي يقتصر فعلها على الاستجابة للضوء ليس إلاّ. وبالمثل، فإن الساعة تمكن البكتيريا الزرقاء من إيقاف عملية التركيب الضوئي عند غروب الشمس. وبذلك تستطيع تجنب تبديد الطاقة والموارد الأخرى على منظومات لا تعمل في الليل؛ إذ يمكن بدلا من ذلك تحويل الموارد إلى تفاعلات أكثر ملاءمة للعتمة، مثل **تناسخ وتجدد الدنا** DNA[٢]، الذي يمكن أن يتأذى **بالإشعاع المؤين** ionizing radiation الصادر عن أشعة الشمس.

غير أن سلالات بكتيرية تحمل طفرات في جينات ساعات مختلفة قد تتحول من الدورات المعتادة التي مدتها 24 ساعة (لفتح الجينات وإغلاقها) إلى دورات مدتها 20 أو 22 أو حتى 30 ساعة زمنية في بعض الأحيان. ففي سياق دراسات لتصنيف الخلايا وفقا لدوراتها الزمنية المتبدلة، وفي عام 1998 أثبت ‹C. جونسون› وزملاؤه في جامعة ڤاندربيلت الخاصة في مدينة ناشڤيل بولاية تنيسي الأمريكية أن البكتيريا الزرقاء التي توافقت دورة ساعتها مع **دورة الضوء البيئية**[٣] قد فاقت تلك التي لم تكن متوافقة معها. فمثلا: في دورة ضوء وظلمة مدتها 24 ساعة زمنية، تكون البكتيريا الزرقاء السوية أسرع نموا وأجدى انقساما من طفرات ذات دورة مدتها 22 ساعة. لكن عندما قام ‹جونسون› وفريق عمله بتعديل دورة الضوء والظلمة صنعيا إلى 22 ساعة زمنية، وجدوا أن تلك الطفرات نفسها بقيت حية بصورة أفضل من البكتيريا السوية. وللمرة الأولى دللت هذه التجارب بوضوح، على أن القدرة على التوفيق الصحيح **للإيقاعات الاستقلابية الداخلية**[٤] مع الدورات البيئية من شأنها أن تعزز المواءمة.

ومع أن **آلية الساعة البشرية**[٥] تعتمد على جينات تختلف عن تلك الموجودة في البكتيريا الزرقاء، فإن آلياتنا اليوماوية تشترك في وجوه تشابه أخرى كثيرة مع آليات هذه الطحالب الخضراء الضاربة إلى الزرقة. وهذا يدل على أن كلتا العمليتين نشأتا منفصلتين في أثناء التطور الطبيعي لتحقيق الحاجات والوظائف البيولوجية نفسها.

ساعات محيطية[**]

في البداية، افترض الباحثون أنه ليس ثمة سوى ساعة وحيدة تؤدي دور نواس[٦] **ضبط الإيقاع** metronome، وتنظم أعدادا كبيرة من العمليات البيولوجية في جميع أجزاء الجسم. وفي سبعينات القرن العشرين تتبع هؤلاء الباحثون هذه الساعة المفترضة وصولا إلى **نواة الدماغ الواقعة فوق نقطة تصالب العصبين البصريين**[٧]. بيد أنه، قبل خمس عشرة سنة خلت، بدأت تظهر أمارات على وجود **آليات توقيت ثانوية**[٨] في أعضاء ونسج وخلايا مستقلة أخرى. وراحت تتكشف للباحثين دلائل على أن جينات الساعة ذاتها، النشطة في الدماغ، كانت دائبة الانفتاح والانغلاق

(*) MASTER CLOCK
(**) PERIPHERAL CLOCKS
(١) circadian rhythums
(٢) DNA replication and repair
(٣) the environmental light cycle
(٤) internal metabolic rhythms
(٥) the human clock mechanism
(٦) أو: بَنْدول.
(٧) the suprachiasmatic nucleus of the brain
(٨) subordinate timing mechanisms

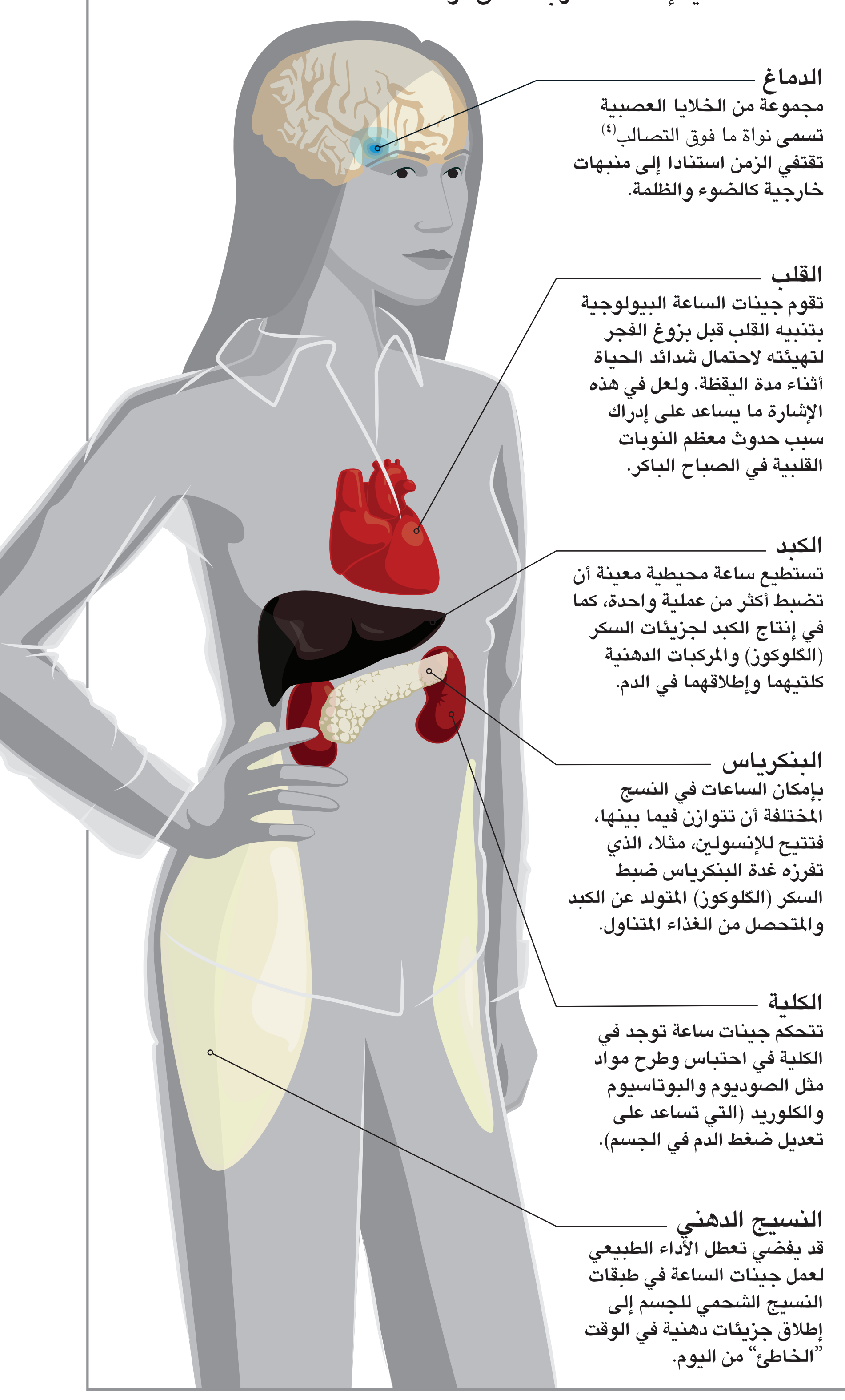
دوريا في كل خلية من خلايا الكبد والكليتين والبنكرياس والقلب والنسج الأخرى. وقد بات معلوما لنا اليوم أن هذه الساعات الخلوية تضبط نشاط 3 إلى 10 في المئة – بل ما يمكن أن يصل إلى 50 في المئة في بعض الحالات – من الجينات في نسج مختلفة.

وبالتزامن مع ذلك تقريبا، أخذ عدد من العلماء يتساءل عن دور محتمل تؤديه الإيقاعات اليوماوية في سيرورة الشيخوخة. وفي هذا الصدد، طلب <تورك> إلى <A. إيستون> [طالبة دراسات عليا في جامعة نورث ويسترن آنذاك] إجراء عدد من التجارب على فئران تحمل طفرات في جينات الساعة البيولوجية. وقد لاحظت <إيستون>، في أثناء رصد السلوك اليومي لحركة الفئران الأكبر سنا، أن تلك الفئران تنزع إلى البدانة، وأنها تجد صعوبة في التسلق داخل **العجلات الدوارة** the running wheels في أقفاصها. وقد دفعنا هذا الرصد إلى تركيز جزء من جهودنا البحثية على عملية الاستقلاب والإيقاعات اليوماوية. وفي سلسلة من الاختبارات نُشرت في المجلة Science عام 2005، دللنا على وجود علاقة بين تبدلات تحصل في جين الساعة ونشوء مظاهر **البدانة** obesity و**المتلازمة الاستقلابية**(1) metabolic syndrome، وهي مجموعة من **الشذوذات الفيزيولوجية**(2) التي تجعل الأفراد أكثر عرضة للإصابة بأمراض القلب وداء السكري. وللوصول إلى تشخيص للمتلازمة الاستقلابية لا بد من أن يعاني المرء ثلاثا على الأقل من الحالات الآتية: تراكم دهني مفرط في منطقة البطن لا على الوركين، وارتفاع لنسبة الشحوم الثلاثية في الدم، وانخفاض لمستويات الكوليسترول المفيد (البروتين

آلية عملها

ساعات الجسم الخلوية المتعددة(*)

تسير الحياة على الأرض على إيقاعات يوم ذي أربع وعشرين ساعة. وفي الإنسان تتولى ساعة رئيسية في الدماغ ضبط(3) ساعات ثانوية توجد في خلايا متعددة من الجسم. وعلى وجه التحديد، تتحكم جينات معينة في إنتاج البروتينات عند أوقات مختلفة من اليوم، فتذكي العمليات البيولوجية أو تثبطها. وقد تنشأ مشكلات صحية إذا ما اضطرب اتساق تواقت هذه الساعات.



(*) The Body's Many Cellular Clocks
(1) أو: التناذر الاستقلابي.
(2) physiological abnormalities
(3) أو: مواقتة.
(4) the suprachiasmatic nucleus

الشحمي العالي الكثافة، أو HDL اختصارا) في الدم، وارتفاع لضغط الدم، وارتفاع لمستويات الگلوكوز (سكر العنب) في الدم (إشارة إلى وجود مشكلة في معالجة السكر).

وأثار هذا العمل موجة عارمة من الاهتمام بآثار الإيقاعات اليوماوية في عملية الاستقلاب. وأظهرت دراسات سابقة أجريت على مستخدمين يعملون وفق نظام المناوبات - فيعانون تناقضا دائما بين **ساعاتهم الداخلية** internal clocks و**اليوم الشمسي**[1] the solar day - إنهم أكثر عرضة للإصابة بأمراض استقلابية وآفات قلبية-وعائية واضطرابات معدية-معوية، وغير ذلك. غير أن العاملين على نظام المناوبات يتكشفون عادة عن سلوكيات أخرى غير صحية، كعدم أخذ القسط الكافي من النوم وسوء التغذية وعدم ممارسة الرياضة البدنية. ومن ثم، فقد وجد الباحثون صعوبة في التمييز بين السبب والنتيجة. وإذ قدمت تجربة **الفئران الطافرة الساعة**[2] الدليل الجيني الذي يربط بين الساعة الداخلية والصحة الاستقلابية، فقد أسهمت هذه التجربة في دفع دراسة الإيقاعات اليوماوية إلى حقبة جزيئية أعلى دقة تتيح تحقيق نتائج أكثر تحديدا.

إن الإدراك المتنامي بسرعة للإيقاعات اليوماوية[3] من شأنه أن يحدث تغييرا جذريا في أسلوب تشخيص الأمراض وعلاجها في المستقبل.

ساعات واستقلاب[*]

ما إن تأكد للباحثين أن الإيقاعات اليوماوية تساعد على ضبط عملية الاستقلاب حتى بدؤوا يدرسون الساعة المحيطية الموجودة في الكبد، والتي تؤدي دورا بالغ الأهمية في عملية الاستقلاب. ففي عام 2008، تولى <K. لاميا> و <F.-K. ستورتش> و <Ch. وايتس>، جميعهم من كلية هارڤارد الطبية حينذاك، إجراء مجموعة من التجارب باستعمال فئران ألغي فيها جين أساسي للساعة اليوماوية في خلايا الكبد فقط. (ويذكر أن الفئران تنشط، خلافا للإنسان، أكثر ما تنشط ليلا وتنام نهارا، غير أن دورة النوم واليقظة تضبط من الوجوه الأخرى بطريقة مشابهة.) فمن حيث الجوهر، كانت هذه الفئران بلا ساعة في الكبد، وبساعات طبيعية في مواضع الجسم الأخرى. ولوحظ أن الفئران، في أوقات نومها النهاري (عندما يكون دخلها الغذائي قليلا)، قد اعترتها نوبات متطاولة من **انخفاض في مستويات سكر الدم** hypoglycemia، وهو انخفاض خطر لأن الدماغ قد يبدأ بالانغلاق في غضون دقائق إذا لم يستقبل ما يكفي من الگلوكوز لسد حاجاته من الطاقة.

وأظهرت تجارب أخرى أن السبب في حدوث الانخفاض في مستويات الگلوكوز هو اختفاء الإيقاعات التي تتحكم عادة في الأوقات التي يولد فيها الكبد جزيء السكر ويفرزها في الدم. وهكذا علم أن ساعة الكبد تسهم في الإبقاء على مستويات گلوكوز الدم في حدودها الطبيعية طوال اليوم كله، فتضمن وجود مصدر ثابت وكاف للطاقة يرفد الوظائف المستمرة للدماغ وسائر الجسم.

ولا غرو في أن ثمة حاجة إلى منظومة ضبط مقابلة، للحد من گلوكوز الدم الزائد استجابة لتناول الطعام. والهرمون الأساسي المسؤول عن ذلك هو **الإنسولين** insulin الذي تفرزه **خلايا بيتا** beta cells الموجودة في البنكرياس. فإذا ما تناول الإنسان طعاما، دخل الگلوكوز مجرى الدم وحرض على إفراز هرمون الإنسولين، الذي يؤدي بدوره عمل كابح لارتفاع مستويات السكر، وذلك عن طريق **استحثاث**[4] التخلص من الگلوكوز واختزانه في العضلات والكبد والنسج الأخرى.

ومتابعة لهذا المساق أجرى <B. ماركيڤا> و <T. J. باس> (وهو عضو أصيل - مع <تورك> - في فريق البحث في مضمار الاستقلاب اليوماوي بجامعة نورث ويسترن) سلسلة من الدراسات، ابتغاء تحديد دور الساعة البيولوجية في البنكرياس. وخلصا إلى أن الساعة البنكرياسية ذات دور مهم في الإبقاء على مستويات سكر الدم ضمن الحدود الطبيعية، وأن تعطلها يلحق ضررا فادحا بوظيفة البنكرياس ويفضي إلى الإصابة بداء السكري، وهو اضطراب استقلابي لا يولد فيه الجسم سوى النزر اليسير من الإنسولين، أو يكون عديم التأثر به، علما بأن الزيادة المفرطة للسكر تنتهي به ملفوظا خارج الخلايا وعائما في مجرى الدم.

واستهل <ماركيڤا> و <باس> بحوثهما هذه بدراسة نسيج بنكرياسي مستقل، مأخوذ من فئران تحمل طفرات في جينات ساعاتها اليوماوية. فلاحظا أن مقدار الإنسولين المفرز استجابة لتحفيز الگلوكوز قد انخفض انخفاضا شديدا. وإنهما استولدا فئرانا ألغيت فيها الساعة في البنكرياس فقط، فأصيبت الفئران بداء السكري في المراحل الأولى من حياتها، وأبدت انخفاضا كبيرا في إفراز الإنسولين.

ومن شأن هذه الأمثلة أن توضح نقطة أساسية تتصل بوظيفة الساعات في النسج المختلفة: إذ من الممكن أن تكون

(*) CLOCKS AND METABOLISM

(1) مدة دوران الأرض حول محورها دورة كاملة بالنسبة إلى الشمس.

(2) *clock* mutant mice

(3) circadian

(4) promoting

لهــا وظائف مختلفة جدا. حتى إنها في حالات معينة، كالكبد والبنكريــاس، تقوم بضبط عمليات فيزيولوجية متضادة. لكن هذه الساعات عند دمجها في منظومة عاملة، تنزع إلى مواءمة توقيتها بدقة للحفاظ على **الاتزان الفيزيولوجي** homeostasis للجسم، أي إنها توفر مستويات مستقرة نسبيا من الجزيئات الأساســية في مواجهة الأحوال المتغيرة في البيئة الخارجية. ومــن منظور أبعــد قليلا، يمكــن تصور الســاعة اليوماوية الرئيسية على أنها قائد فرقة موسيقية يتمكن من الإيقاع على نســج محيطية عديدة – هي الآلات الموسيقية – متواقتة بدقة فيما بينها، إحداها بالنسبة إلى الأخرى وبالنسبة إلى البيئة، وهكذا يغدو أداء المنظومة أمثليا.

أدوار متعددة[*]

ومن المكتشــفات المهمة أيضا أن الساعة في نسيج معين تستطيع أن تؤثر في أكثر من عملية واحدة ضمن ذلك النسيج. وبالفعل، تســتطيع كل ساعة أن تضبط عدة عمليات. فساعة الكبــد مثلا تضبط كامل شــبكات الجينــات اللازمة لإنتاج الگلوكوز واســتقلابه. كذلك، وفي عام 2011، دلل <M. لازار> [من جامعة پنســلڤانيا] وزملاؤه على أن ســاعة الكبد تحدد أيضا مقدار الدهون التي تتراكم في خلايا الكبد.

وفي هذا المثال، قرر <لازار> وزملاؤه أن جين ســاعة يدعى Rev-erbα يعمل عمل مُؤقِّت لإنزيم يتحكم في النفاذ إلى الأوامر الجينيــة الموجودة ضمن جــزيء **الدنــا**[1] DNA. وهذا الإنزيم المســتهدف المشار إليه – واسمه **هيستون ديأسيتيليز 3**[2] – يؤثر فــي العملية التي تفضي **بجدائل** strands معينة من الدنا إلى التكور على شــكل ملفات متراصة إلى درجة يتعذر معها على الخلية اســتعمال المعلومات الوراثية التي في داخلها بغية حفز عملياتها البيولوجية.

وباستعمال خدعة جينية أثبت <لازار> وفريق عمله أن حجب الجــين Rev-erbα، الذي يعوق بدوره نشــاط الإنزيم HDAC3، يؤدي إلــى الإصابة بحالة مرضية تعرف بـ **تشحم الكبد، أو الكبــاد الدهنــي**[3]. وقد تبين للباحثــين أن من وظائف الإنزيم HDAC3 إغلاق الجينات التي تتحكم في إنتاج الجزيئات الدهنية ليلا (أي وقت نشاط الفئران وحاجتها إلى استعمال مخزونها الدهني لتوليد الطاقة). ويتســبب فقد جين الســاعة في هبوط مقدار الإنزيم HDAC3، وهذا بدوره يحمل الجينات المســؤولة عن تكوين الدهون في الكبد على البقاء في **وضع الانفتاح** the on position. وينجم عن فرط النشــاط هذا تراكمات وترسبات شحمية غير سوية في خلايا الكبد، وهي سيرورة تعطل وظيفة الكبد، وتأتي عادة مصاحبة للبدانة وداء السكري.

وتعمل جينات الســاعة البيولوجية أيضا ضمن النســيج الشحمي، وتؤثر من هناك في عدة عمليات استقلابية. فالدهون، إضافة إلى أنها تعمل عمل مستودع لخزن الطاقة، تؤدي وظيفة عضــو أصم بحكم إنتاجها لهرمون **اللپتين** leptin؛ فهي تفرز في الــدم هرمونات تُحدث تغيرات فــي فعاليات عمل أعضاء أخرى في الجســم. وإلــى عهد قريب، أنتج <G. پاســكوس> و <G. فيتسجيرالد> [كلاهما من جامعة پنسلڤانيا] وزملاؤهما فئرانا تنقصها ساعة سليمة في **الخلايا الدهنية (الشحمية)** fat cells (adipocytes)، فوجــدوا أن الحيوانــات قد نزعت إلى البدانــة وحولت أنمــاط دخلها الغذائي المعتــادة إلى النهار. وترتب على ذلك أن صارت الجزيئات الدهنية تعبر أجســادها فــي الوقت "الخاطئ"، معطلة بذلك قــدرة الدماغ على تنظيم توقيــت الغــذاء والدخل الغذائــي. ويبدو أن هــذا التغير في السلوك الغذائي مزية خاصة بالحيوانات التي تفتقر إلى ساعة خلايا دهنية، لأن الفئران التي ألغيت ساعاتها البنكرياسية أو الكبدية ما برحت تحتفظ بإيقاعات غذائية سوية.

ويتفق هذا الاكتشــاف، المتمثل بتغيير الحيوانات أنماطها الغذائيــة وازدياد وزنها فــي غياب الســاعات في خلاياها الدهنية، مع دراسات سابقة أظهرت أن توقيت الدخل الغذائي قد يكون ذا أثر ملحوظ في إدراك مدى فعالية الجســم لخزن الوقود الذي يستهلكه ويستفيد منه. ففي عام 2009، صرحت <D. آربل> [طالبة دراسات عليا كانت تعمل حينذاك مع فريقنا في نورث ويســترن] عن أن فئرانا أعطيت غذاء عالي نســبة الدهون في الوقت "الخاطئ" من النهار حصرا قد زاد وزنها أكثر بكثير من حيوانات أعطيت الغذاء ذاته في ساعات الظلمة فقــط. ولوحظ أن هذه الفروق في الوزن ظلت مســتمرة على الرغــم من تشــابه الدخل الإجمالي من الوحــدات الحرارية (السعرات) والنشاط البدني في كلتا المجموعتين.

وحديثا أكثر، توسع <S. پاندا> وفريق عمله في معهد سولك للدراسات البيولوجية في لاهويا بولاية كاليفورنيا الأمريكية في دراســة هذه النتائج، وأظهروا أن قصر الدخل الغذائي العالي الدهون في الفئران على فترة ثماني ساعات زمنية أثناء الوقت الطبيعي لتناولها الغذاء (وهو وقت الظلمة) قد حال دون حصول البدانة والخلل في الوظائف الاستقلابية، من دون أي تخفيض في الدخل الحراري. وواقــع الأمر أن لهذه الحيوانات **ملامح** profiles صحية اســتقلابية تشبه ما للفئران التي أكلت الغذاء

التتمة في الصفحة 70

(*) MULTIPLE ROLES

(1) الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين.

(2) histone deacetylase 3؛ واختصارا: HDAC3.

(3) hepatic steatosis

كيف تنجو من حرب إلكترونية(*)

الخطوة الأولى: لا تعتمد على الآخرين للحفاظ على سلامتك.

<K. إيلازاري>

يميل العاملون في مجـال الحفاظ على الأمن الإلكتروني إلى القول إنه يوجد نوعان من المنظمات - منظمات تعرضت لأخطــار نتيجة هجــوم إلكتروني، وأخــرى لا عهد لها بهذه الأخطار حتى الآن. والعناوين الحديثة لوسائل الإعلام تثبت أن هذه الملاحظة صحيحة إلى حد كبير. فقد ســرق مجرمو الإنترنت المعلومات المدرجة في بطاقــات الائتمان والبيانات الشخصية لملايين الناس من شركات عديدة منها الشركات: Target و Home Depot و JPMorgan Chase. واكتشــف باحثون أمنيون في مجال المعلوميات **عيوبا أساسـية** flaws في عناصر بناء الإنترنت مثل ما يســمى **ثغرة الهارتبليد**[1] Heartbleed vulnerability فــي **مكتبة برمجيات التشفير**[2] OpenSSL الشعبية. كما أن هجوم تدمير بيانات واسع النطاق رَدّ الشــركة Sony Pictures Entertainment إلى عصر الورقة والقلم، وتَمكَّن مجرمون آخرون من الوصول إلى بيانات لأكثر من 80 مليــون زبون في الشــركة Anthem العملاقة للتأمين الصحي. وهذه ليست إلا مجرد حوادث علمنا بها.

ولا شــك في أن الهجمات في الحرب الإلكترونية ســوف تتزايد في الســنوات المقبلة، وهذا يشكل لنا مشكلة. ونظرا لأن كل واحــد منا متصل الآن بطريقــة أو بأخرى **بالفضاء الإلكتروني** cyberspace - ســواء عــن طريق هواتفنا أم عن طريــق حواســيبنا المحمولة أو شــبكات شــركاتنا - فإننا جميعا **معرضون للخطر** vulnerable. فالشبكات والمخدمات والحواســيب الشخصية والحســابات المخترقة هي جميعا موارد أساســية لمجرمي الإنترنت وجواسيس الحكومة على حد ســواء. فشبكة شــركتك أو ألعاب حاسوبك الشخصي يمكن أن تصبح بســهولة أداة أخرى في ترسانة المجرمين - أو جواســيس الإنترنت العاملــين لصالح الدولــة. كما أنه من الممكن اســتخدام الحواســيب المخترقــة كنقطة انطلاق للهجوم التالي أو جعلها جزءا من **شبكة البوتنت**[4] botnet، وهي شــبكة خبيثة تضم أجهزة حواســيب مخترقة، **أجهزة زومبــي**[5] zombie devices، تُســتأجر بالساعة لشن هجمات **حجـب الخدمة** denial-of-service أو إرسال **رسائل مزعجة (سپام)** spams.

واســتجابة لمثل هذه التهديدات، فإن ردة الفعل الطبيعية للحكومــات ســواء في الولايــات المتحدة أم فــي غيرها هو عســكرة الفضاء الإلكتروني في محاولــة المحافظة على أمن العالم الرقمي باســتخدام البيروقراطيــة المركزية والوكالات الســرية. ولكن مثل هذا النهج لا يمكن أن ينجح إطلاقا. وفي

باختصار

ســوف تصبح **الهجمات الإلكترونية** أكثر شــيوعا في الســنوات القادمة، وهذا ليس مجرد مشــكلة تواجه الشركات الكبــرى والحكومات فقط: فكل شــخص يســتخدم التقانات الحديثة سوف يكون هدفا لمثل هذه الهجمات.

إن ما يتعرض **للخطر** ليس مجرد البيانات أو «الأســرار.» فالأمــن الإلكتروني هو حاليا لحماية الأشــياء، والبنى التحتية وسير العمليات - أي التقانات التي تدعم الحياة العصرية.

ليس بإمكان **الحكومات** وشركات التقانة أن تؤمن الفضاء الإلكتروني وحدها. وذلك ســيحتاج إلى **نظام حصانة موزع**[3]، نظام بمساعدة قراصنة الحاسوب - للقيام بالعمل.

يكون **للأفراد** دور يؤدونه. فكل شــخص متصل بالشــبكة الإلكترونيــة يتعين عليه دعم نظام الحصانة الجماعي من خلال ممارسة المعادل الإلكتروني للنظافة الشخصية.

(*) HOW TO SURVIVE CYBERWAR
(1) Heartbleed = هارتبليد «نزيف القلب»: ثغرة أمنية (خطأ برمجي) في مكتبة التشفير OpenSSL، وهو تطبيق يحتوي على أدوات التشــفير ويستعمل البروتوكولات SSL (طبقة مآخذ التوصيل الآمنة).
(2) cryptographic software library
(3) distributed immune system
(4) botnet **البوتنت (شبكة الروبوت)**: هي مجموعة ضخمة من الأجهزة التي تم اختراقها عن طريق الإنترنت كل واحد منها يســمى بوت. وتسمية البوتنت هذه مشتقة من كلمة "Robot Network" أي شــبكة الروبــوت؛ حيــث إن الأجهزة تخدم البوت ماســتر دون اختيارها، تماما مثل أجهزة الروبوت. وبمجرد أن ينضم الجهاز إلى شــبكة الروبوت، فإن البوت ماستر يستطيع التجسس على صاحب الجهاز دون أن يشعر بذلك.
(5) أجهزة زومبي "zombie devices" في علوم الحاســوب: زومبي هو حاسوب متصل بالإنترنت تم اختراقه من قبل القراصنة، يمكن أن يســتخدم ڤيروس الحاسوب أو طروادة لتنفيذ المهام الخبيثة من نوع أو آخر في إطار التوجيه من بعد.



المؤلفة

Keren Elazari

<**إيلازاري**> خبيرة إسـرائيلية في مجال الأمن الإلكتروني عملت مع شركات الأمن الرائدة والمؤسسات الحكومية وشركات كبرى مصنفة ضمن Fortune 500 companies وحديثها لسلسلة **تيد** (TED)[١] على قراصنة الحواسيب شوهد أكثر من 1.2 مليون مرة وترجم إلى 24 لغة وتم اختياره ضمن قائمة تيد «الأفكار الأقوى».

الواقع، ولأسباب سوف نتعرض لها لاحقا، فإن هذا المنهج قد يجعل الأمور أسوأ. فمشكلة الأمن الإلكتروني تشبه مشكلات الصحـة العامة؛ إذ إن الوكالات الحكومية مثل مراكز مراقبة الأمـراض والوقاية منها تؤدي أدوارا مهمة، ولكنها لا تتمكن وحدها من وقف انتشـار الأمراض. إذ يمكنهـا فقط القيام بوظائفها فيما إذا قام المواطنون بوظائفهم.

اتساع نطاق الفضاء الإلكتروني[*]

إن أحـد جوانـب التحدي الذي نواجهه فـي مجال حماية الفضـاء الإلكتروني هو عدم وجود مجـال واحد لهذا الفضاء الإلكترونـي، فهو فضاء واسـع يضم أنظمـة متعددة متصلة بعضها ببعـض، فضلا عن أنه نظام يتغيـر ويتطور مع مرور الوقـت. ولإدراك هـذه الحقيقـة، فلابد لنا مـن الرجوع إلى عمـل قام به قبـل نصف قرن <N. واينر> [أسـتاذ الرياضيات فـي المعهد (M.I.T.)]. ففي عام 1948 قام <واينر> باسـتعارة كلمـة cybernetics[٢] من قدماء اليونانيين من أجل وصف الفرع العلمي الجديد الـذي كان يطوره ألا وهو **علم التحكم الآلي**[٢] الذي وصفه بأنه دراسـة «التحكم والتواصـل في الحيوانات والآلات». وكانـت هـذه الكلمة اليونانيـة kybernētēs تدل على الشخص الذي يدير دفة السفينة أو القبطان الذي يوجه السفن المبحرة في البحر الأبيض المتوسـط. وبهذا **التماثل** analogy، فإن **الفضـاء الإلكتروني** cyberspace يجـب أن يُفهم على أنه مجموعة من تقانـات إلكترونية ورقمية متصلة بعضها ببعض، بحيث تمكن من التحكم والتواصل بين جميع الأنظمة الأساسية فـي الحياة العصرية. فالفضاء الإلكتروني يتألف من سلسـلة ضخمـة من تقانات التحكم والاتصالات من بعد بدءا من تمكين بث الأوامر إلى نظام مضخات الإنسـولين المدمجة المزروعة في أجسام المرضى وصولا إلى **سواتل نظام تحديد المواقع على الكرة الأرضية** GPS satellites.

إن الفضاء الإلكتروني ليس مشاعا من المشاعات العامة؛ فهو ليـس كالمياه الدوليـة أو القمر. إنه ليـس مجموعة من الأقاليم يمكن أن تتحكم فيها الحكومات أو القوات المسـلحة بفعاليـة – حتى ولو طلبنا إليها القيام بذلك. فمعظم التقانات والشبكات التي تشكل الفضاء الإلكتروني هي مملوكة وتدار من قبل شركات ربحية متعددة الجنسيات.

وهـذه التقانـات التي يتألـف منها الفضـاء الإلكتروني تزداد بسـرعة عددا وتنوعا. فشـركة بيع تقانات الشـبكات Cisco Systems تتوقـع أنـه بحلول عام 2020 سـيكون هناك 50 بليون جهاز متصل بشـبكة الإنترنت، بما في ذلك نسـبة كبيـرة من الأجهـزة والأنظمة التي يكون لهـا علاقة بالأمور الصناعية والعسـكرية والطيران. ونظرا لأن كل شيء جديد يتم وصله بالفضاء الإلكترونـي؛ فهذا الفضاء هدف محتمل لهجوم إلكتروني، لاسـيما وأن المهاجمين بارعون في العثور على الروابط الأضعف في أي شـبكة من الشـبكات. وعلى سـبيل المثال، فإن قراصنة الحاسـوب الذين اخترقوا نظام أمكنة بيع التجزئة في الشركة Target وسرقوا ملايين بطاقات الائتمان قد تمكنوا من الوصول إلى شبكة متاجر التجزئة عن طريق اختراق هدف أسـهل وهو الشركة Fazio Mechanical Services؛ وهي شـركة صيانة أجهزة التبريـد التي تنتجها شركة Target للتدفئة والتبريد. كما أن الجواسيس الصينيين الذين ادعوا أنهم تمكنوا عام 2011 من اختراق شبكات شركة الدفاع Lockheed Martin، فإنهم قد حققوا ذلك بأن قاموا أولا بالقرصنة على الشـركة RSA للأمـن الإلكتروني التي تزود الشركة Lockheed Martin بشـهادات أمنها الإلكتروني. أما الشـركة RSA، فقد تعرضت هي نفسـها للخطر بسـبب أن موظفا في شركتها الأم، وهي الشركة EMC، فتح ملف إكسل Excel مرفقاً برسالة إلكترونية بدا له أنه غير مؤذ.

إن أشـياء أو **أجهـزة إنترنت الأشـياء**[٣] ليسـت مجرد نوافذ تمكن المهاجمين أن يتسللوا عبرها: فهي نفسها أهداف لتخريـب محتمل. فقد بَيّن باحثون فـي مجال الأمن في عام 2008، أن بإمكانهـم عن بعد اختـراق أجهزة ضبط نبضات

(*) THE VASTNESS OF CYBERSPACE

(١) TED اختصـار لـ **تقانة، ترفيه، تصميـم** Technology, Entertainment, Design: هي سلسـلة من المؤتمرات العالمية التي تهـدف إلى تعريف ونشـر الأفكار الجديدة والمتميـزة للعالـم وترعاها «مؤسسـة سـابلنج الأمريكية» وهي مؤسسـة غير ربحية خاصة شعارها «أفكار تستحق الانتشار».

(٢) cybernetics = علـم التحكـم الآلي، وهـو العلم الذي يـدرس التحكم والتواصل الإلكتروني في الآلات والكائنات الحية.

(٣) Internet of Things: إنترنت الأشـياء هي شـبكة من الأشـياء المادية أو «الأشياء» المضمنـة مع الإلكترونيـات والبرمجيات وأجهزة الاستشـعار والاتصال لتمكين الكائنات إلى تبادل البيانات مع الشـركة المصنِّعة أو المشـغل أو الأجهزة المتصلة الأخـرى. وما يميز إنترنت الأشـياء أنها تتيح للإنسـان التحـرر من المكان، أي إن الشـخص يسـتطيع التحكم في الأجهزة (كالبرّاد، على سبيل المثال) من دون الحاجة إلى الوجود في مكان محدد للتعامل مع جهاز معين.

القلب المزروعة في أجســام المرضى. ومنذ ذلك الحين أظهر قراصنة الحاسوب أن بإمكانهم اختطاف مضخات الإنسولين المزروعة في أجســام المرضى باســتخدام إشارات لاسلكية تعطى تعليمات لهذه المضخات لتحقن الإنســولين في مجرى دماء هؤلاء المرضى، وهذا قد يؤدي إلى نتائج مميتة.

كما أن البنـــى التحتية المادية معرضـــة للهجوم، وهو ما علمناه عام 2010 عندما تبين أن الڤيروس الحاســوبي المؤذي المســمى Stuxnet كان مســؤولا عن الدمار الذي انتشر على نطاق واســع في أجهزة الطرد المركزية لتخصيب اليورانيوم في مصنع ســري في ناتانز[١] بإيــران. وكان هذا الڤيروس، الــذي يقال إنه ثمرة تعاون وثيق ومكلف بين الولايات المتحدة الأمريكية وإســرائيل، هــو بمثابة مرحلة تاريخيــة: إذ كان بإمكان كود الحواسيب الرقمي تعطيل وتدمير الأنظمة المادية **التماثليــة** analog. وقد تعززت هذه المرحلة من جرّاء هجمات أخرى حدثــت منذ ذلك الحين. ففي الشــهر 2014/12، أعلن المكتب الاتحادي الألماني لأمن المعلومات أن قراصنة الحاسوب عطلــوا أنظمة في مصنع للصلب؛ مما حال دون إغلاق الفرن العالي مســببا «ضررا بالغا لهذه الأنظمة». وقبل ذلك بثلاثة أشهر هاجم قراصنة حاسوب صينيون مواقع **شبكة الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي الأمريكية**[٢] التي تقوم بمعالجة البيانات من السواتل المستخدمة في مجال الطيران والاستجابة للكوارث والمهمات الحيوية الأخرى.

وهــذا ما يعني أن الأمن الإلكترونــي ليس مجرد ضمان أمن الحواسيب والشبكات ومُخدِّمات الإنترنت[٣]. إنه بالتأكيد ليس مجرد الحفاظ على «**الأسرار**» secrets آمنة (إذا افترضنا أن **گــوگل** Google و**فيســبوك** Facebook يجهلان الكثير عن أخبارنــا). والمعركــة الحقيقية في الفضــاء الإلكتروني هي حول حماية الأشياء والبنى التحتية وسير العمليات. فالخطر الحقيقــي يتمثل بإمكانية تدمير وتخريب التقانات التي نعتمد عليها كل يوم سواء في سياراتنا أم في أجهزة الصرافة الآلية ATMs أم في الأجهزة الطبية ، وكذلك في شبكاتنا الكهربائية وســواتل اتصالاتنا وشبكات هواتفنا. فالأمن الإلكتروني من شأنه حماية أسلوب حياتنا.

دور الحكومات[*]

تواجــه الحكومات صراعا عميقا عندما يتعلق الأمر بأمن الفضاء الإلكتروني. فالعديد من الوكالات في الولايات المتحدة، بمــا فيها وزارة الأمــن الوطني لديها اهتمــام جدي بحماية الشــركات الوطنية والمواطنين من الهجمات الإلكترونية. ومع ذلــك، فإن جهات حكومية أخرى ترى أنها تســتفيد من إبقاء الشبكات العالمية معرضة لهجات قراصنة الحاسوب، كما أن جماعات ســرية مثل **وكالة الأمن القومــي الأمريكية** (NSA)[٤] تســتثمر الملايين من أجل كشــف العيوب التقانية التي تُمكن المهاجم من السيطرة على نظام من الأنظمة.

إن مخــاوف شــخص ما من تعرضه لهجــوم ثغرة أمنية هي بمثابة ســلاح ســري لشــخص آخر. فَكِّر مليا في ثغرة الهارتبليد. وإذا كنت قد اســتخدمت الإنترنت في الســنوات الخمس الأخيرة، فإن معلوماتك ربما تكون قد شُفِّرت أو فكك تشــفيرها من قبل مكتبة برمجيات التشــفير OpenSSL. إن الـ SSL (طبقة مآخذ التوصيل الآمنة) هي التقانة الأساســية التي تقف وراء رمــوز «القفل» التي نراها على المواقع الآمنة للشــبكات. لقــد كان الهارتبليــد Heartbleed، ويعني «نزيف القلــب» نتيجة لخطأ برمجــي في ملحق متــداول كثيرا من ملحقات مكتبة برمجيات التشفير OpenSSL والملحق ببرنامج الهارتبيــت Heartbeat «ضربــات القلــب»، ومــن هنا جاءت تســميته. وعندمــا جرى اســتثمار الهارتبليــد، هذا الخطأ البرمجي، تمكن المتنصتون من الوصول بسهولة إلى مفاتيح تشــفير وأسماء المســتخدمين وكلمات السر، جاعلة أيَّ أمن للتشفير توفره التقانة SSL (طبقة مآخذ التوصيل الآمنة) دون جدوى. وهكذا، بقيت مكتبة برمجيات التشفير OpenSSL طيلة عامين عرضة للهجوم قبل أن يكتشف الخطأ البرمجي فريقان منفصلان مــن الباحثين في مجال الأمن (أحدهما برئاســة N. ميهتــا> [الخبير الأمني لدى گــوگل Google] والآخر في الشركة Codenomicon ومقرها فنلندا)، وبعد ذلك ببضعة أيام ذكــرت مجلة Bloomberg Business Week أن مصادر مجهولة لم تحددها ادعت أن الوكالة NSA كانت لســنوات تســتخدم هذه العيوب للتجسس على الشبكة الإلكترونية.

لقد كرس العديد مــن القوى القيادية في العالم أفضل ما لديه من المواهب وأنفقت ملايين الدولارات من أجل العثور على ثغرات أمنية – كثغرة الهارتبليد – واســتثمارها. والحكومات أيضا تقوم بشــراء **أخطاء برمجية** bugs من الســوق الحرة لتساعد على الحفاظ على تجارة الثغرات الأمنية، وهناك عدد متزايد من الشركات يعمل في هذا المجال مثل الشركة Vupen Security الفرنســية والشــركة Exodus Intelligence ومقرها أوســتن، والمتخصصة باكتشاف وبيع هذه الأخطاء البرمجية الثمينة. وفي الواقع، فإن بعض الحكومات أنفقت أموالا طائلة

(*) THE ROLE OF GOVERNMENT

(١) Natanz

(٢) the U. S. National Oceanic and Atmospheric Administration

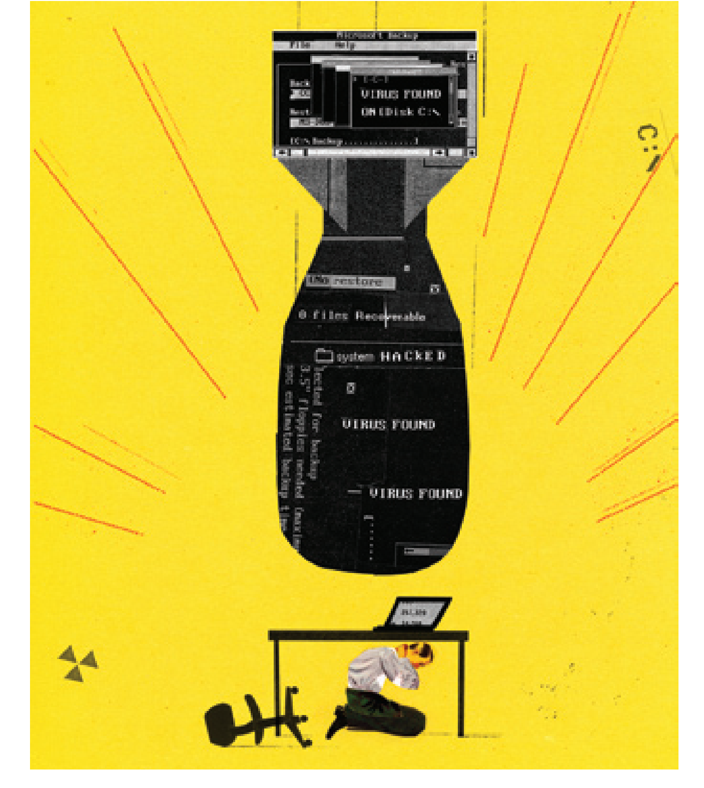
(٣) أو: الشبكة العنكبوتية.

(٤) the National Security Agency

على أبحاث وتطويـر الهجمات الإلكترونية تفوق الأموال التي أنفقتها علــى أبحاث الدفاع عن المجــال الإلكتروني. فوزارة الدفاع الأمريكية توظف جيوشا من الباحثين في مجال الثغرات الأمنية، فضلا عن أن الوكالة NSA تنفق، كما قيل، على أبحاث الهجوم فــي المجال الإلكتروني أكثر بمرتين ونصف المرة مما تنفقه في مجال أبحاث الدفاع عن الفضاء الإلكتروني.

وجميع ما ذكر حتى الآن لا نقصد به القول إن الحكومات هي حكومات مجرمة أو إنها معادية للأمن الإلكتروني. ولكن من الســهل أن نرى خلفيات ودور وكالات مثل الوكالة NSA التي تنحدر منها. إن مهمتها هي جمع المعلومات الاستخبارية لمنــع حدوث أعمال رهيبة؛ فمن المعقول أنها ستســتخدم كل وسيلة في متناول يدها لتحقيق ذلك، وفي مقدمتها جمع مثل هــذه المعلومات. ولكن هناك خطوة مهمــة يجب اتخاذها من أجــل تأمين الفضــاء الإلكتروني تتمثل بالموازنــة بأمانة بين التكلفــة والفوائــد التي تتحملها أو تحصــل عليها الوكالات الحكومية من استغلال **ثغرات أمنية** vulnerabilities، كما أن هناك عنصراً أساسياً آخر يتمثل بالاستفادة الكاملة من تلك الأشياء التي يمكن للحكومات القيام بها على خلاف المنظمات الأخرى؛ وكمثال على ذلك تستطيع الحكومات تمكين أو حتى إجبار الشــركات والمنظمات الأخرى على تبــادل المعلومات الخاصة بالهجمات الإلكترونية.

إن المصارف (البنوك) بصورة خاصة يمكنها أن تستفيد من تبادل المعلومــات الخاصة بالهجمــات الإلكترونية وذلك لأن الهجمات على المؤسســات المالية تتبع عادة أسلوبا يمكن التنبــؤ به. إذ عندمــا يعثر المجرمون على نمــط ما نجح مع مصــرف (بنك) ما، فإنهم يجربونه مع مصرف ثان ومن بعده مع مصرف آخــر. ومع ذلك، فإن المصارف تتجنب على نحو تقليدي الكشــف عن الهجمات التي تتعرض لها، لأن ذلك من شــأنه أن يثير تســاؤلات حول احتياطاتها الأمنية. كما أنها تتجنب التخاطب مع منافســيها؛ ففي بعض الحالات تمنعها قوانــين مكافحــة الاحتكار مــن القيام بذلك. ولكــن بإمكان الحكومات أن تسهل إجراءات تبادل المعلومات بين المصارف. وهذا ما يحــدث بالفعل في الولايات المتحــدة الأمريكية عن طريــق إحداث ما يســمى «**مركــز تبــادل المعلومــات حول الخدمــات المالية وتحليلهــا**» (FS-ISAC)[1] وهو مركز يتولى أيضــا خدمة المنظمــات المالية العالمية. وفي الشــهر 2015/2 وقع الرئيس الأمريكي <بــاراك أوباما> أمرا تنفيذيا حَثَّ فيه الشــركات الأخرى على تبادل المعلومات المماثلة مع بعضها البعض ومع الحكومة.



يمكن لقراصنة الحاسوب المساعدة[*]

ما دام البشــر هم الذين يضعون **الكود** code، فســتبقى قابليــات التعــرض لهجوم علــى الثغرات الأمنيــة. فقد أدت ضغوطات الســوق الشديدة المتزايدة على شركات التقانة إلى الدفع بمنتجات جديدة إلى هذا الســوق بسرعة لم يسبق لها مثيل. وهذه الشــركات ســتمارس الحكمة إن هي استفادت من الموارد البشــرية الضخمة التي يمثلهــا مجتمع قراصنة الحاســوب في العالم. ففي عام 2014، الذي شهد أحداثا مثل إفشاء الأسرار التي كشــفها <A. سنودن> عن أعمال الوكالة NSA، أصبحت شــركات التقانة ومجتمع قراصنة الحاسوب منفتحين على العمل معا. فهناك الآن مئات الشركات تدرك قيمة التشارك مع القراصنة فيما يسمى **برامج مكافآت العثور على الأخطاء البرمجية والثغرات الأمنية**[2] التي تقدم حوافز إلى باحثين مستقلين يقدمون تقارير عن الثغرات الأمنية ومشكلات أمنية. وفي عام 1995 ابتدعت الشــركة Netscape للاتصالات أول برنامــج مكافــأة الخطــأ البرمجي كســبيل للعثور على الأخطاء البرمجية في متصفح الشبكة Netscape. والآن، وبعد 20 ســنة، أظهرت الأبحاث أن تلك الاســتراتيجية هي واحدة مــن الإجراءات الأكثر فعالية في مجــال توفير التكاليف التي تتحملها تلك الشــركة Netscape وخليفتها الشــركة Mozilla في مجال تعزيز[3] الأمن. وبموجب هذه الاســتراتيجية تتبادل

التتمة في الصفحة 71

(*) HACKERS CAN HELP؛ أو يمكن للهكرز المساعدة.
(1) the Financial Services Information Sharing and Analysis Center
(2) bug bounties and vulnerability reward programs
(3) أو: دعم.



طب بالصدمة (الكهربائية)[*]

إن تنبيه الجهاز العصبي قد يحل محل الأدوية في معالجة الأمراض الالتهابية وأمراض المناعة الذاتية.

<K. J. تريسي>

إنني جراح أعصاب مولع بالالتهاب. ففي المختبر، درست مع زملائي الجزيئاتِ التي تسبب الالتهاب حتى نستطيع اكتشاف طرق لتخفيف الألم والتورم والأضرار النسيجية التي تنجم عن كثير من الأمراض.

وقد سبق لهذه الدراسة أن أفادت بعض المرضى. فقد نُشرت في عام 1987 نتائج دراسة تناولت أحد الجزيئات الالتهابية يدعى عامل نخر الورم[١]**، وكانت تهدف إلى إنقاذ** قرود الرباح[٢] **من عواقب الإصابة بعدوى مميتة، وقد أسهمت تلك الدراسة في اكتشاف صنف جديد من الأدوية لمعالجة الأمراض الالتهابية والمناعية الذاتية وغيرها من الأمراض التي تسبب الاضطرابات في أداء الدفاعات المناعية لوظائفها في الحالة الطبيعية.**

وبصفتي جراحا للأعصاب، فإنني أُولي اهتماما بالغا بمجالات عمل الدماغ. وفي أواخر تسعينات القرن الماضي توصلنا إلى اكتشاف مدهش يتناول أيضا عامل نخر الورم ويحقق التكامل بين الأفكار النيرة في العلوم العصبية وعلم المناعة، فقد اكتشفنا عن غير قصد أن المنعكسات العصبية[٣]**، وهي استجابات يمكن التنبؤ بحدوثها لبعض المنبهات الحسية، تُحصِر إنتاج عامل نخر الورم. وقد بلغت هذه الأفكار النيرة أوجها بابتكار اخترعتُه لمعالجة الالتهاب باستعمال أدوات صغيرة الحجم تزرع في جسم المصاب وتطلق تنبيهات كهربائية للأعصاب.**

إن استعمال الأدوات الإلكترونية التي تنبه الأعصاب لمعالجة الالتهاب ولحسر العجز وضع أسس علم جديد يدعى **الطب الإلكتروني البيولوجي**[٤]. ويتواصل اختبار هذا العلم بدراسات سريرية تجرى على مرضى التهاب المفاصل الروماتويدي وأمراض غيره. ويعتمد هذا العلم على مفهوم يخدعنا ببساطته، وهو تسخير المنعكسات الطبيعية في جسم الإنسان لتطوير مجموعة من البدائل الفعالة والآمنة والاقتصادية لتحل محل العديد من الأقراص والحبوب والحقن الدوائية. فعندما نستهدف العمليات البيولوجية التي تشكل الأساس لهذه الأمراض استهدافا دقيقا ونوجه إليها المعالجة، فإن تقنية تنبيه الأعصاب تساعد على تجنب التأثيرات الجانبية المزعجة لكثير من الأدوية.

دارة المنعكسات[**]

وتولد الحرارة واللمس والضغط والأضواء ووجود بعض الجزيئات النوعية إشارات كهربائية في الخلايا العصبية التي تدعى **نورونات حسية**[٥]. وتتنقل هذه الإشارات الكهربائية إلى نمط آخر من الخلايا العصبية الموجودة في الجهاز العصبي المركزي تدعى **نورونات متوسطة**[٦] التي تقوم بدورها بنقل الإشارة الواردة إلى النورونات الحركية تتمم المرحلة الثالثة والأخيرة من **دارة المنعكس البسيط**[٧]. ويلي ذلك إطلاق إشارات كهربائية من النورون الحركي

(*) SHOCK MEDICINE أو: علاج بالصدمة (الكهربائية) أو بالرجفة.
(**) THE REFLEX CIRCUIT
(١) tumor necrosis factor (TNF)
(٢) baboons
(٣) neurological reflexes
(٤) bioelectronic medicine
(٥) sensory neurons؛ أو: عصبونات حسية.
(٦) interneurons
(٧) the simple reflex circuit

باختصار

إن **التعرض** للحرارة أو الضغط أو الأضواء أو المركبات الكيميائية يطلق عملية تهدف إلى التأكد من أن أعضاء الجسم لا تستجيب بشكل مفرط لهذه الشدات التي تتعرض لها.

إن **الإشارات العصبية** التي تربط الدماغ ببقية الأعضاء تُثبِّط صنع الجزيئات المناعية التي تسبب حدوث الالتهاب.

إن تنبيه **السبل العصبية** كهربائيا بغرس أجهزة طبية يمكن أن يساعد الجسم على كبت الالتهاب.

إن **الطب الإلكتروني البيولوجي**[٤] هو الاسم الذي أطلق على العلم الجديد الذي يستخدم التنبيه الكهربائي لمعالجة الالتهاب وغيره من الاضطرابات.



المؤلف

Kevin L. Tracey

<**تريسي**> هو رئيس معهد فاينشتاين للأبحاث الطبية في جامعة نورث-شور ومركز نورث آيلاند جويش للنظام الصحي في مانهاسيت بولاية نيويورك، حيث يشرف على مختبر العلوم البيولوجية الطبية. وهو أستاذ في الطب الجزيئي والجراحة العصبية في كلية الطب بجامعة نورث شور.

باتجاه معاكس نحو العضلات والأعضاء الأخرى التي تستجيب بأشكال مختلفة تتراوح بين إبعاد الإصبع عن صفيحة ساخنة وتوسيع السبيل الهوائي أثناء العدْو لمسافة ثلاثة أميال.

وتحقق دارات المنعكسات البسيطة التناغم بين الأنشطة التي يقوم بها كل عضو بمفرده، ولذلك لن يكون عليك أن تضع الخطط الواعية للقيام بالأنشطة التي تحافظ على استمرار جسمك بأدائه لوظائفه بكفاءة. فعندما تقفز من الكرسي وتصعد الدرج بسرعة كي تجيب على الهاتف، لن يكون عليك أن تفكر في التنسيق بين حركاتك التنفسية وسرعة قلبك وضغطك الشرياني، إذ إن المنعكسات تتولى توفير جميع ما هو ضروري للتوفيق بين الأعضاء المختلفة وتلبية احتياجات الجسم سواء أكنت جالسا بارتياح أم راكضا بأقصى سرعة.

وكان <S .Ch. شرينكتون>[1] – وهو عالم فيزيولوجيا[2] بريطاني حائز على جائزة نوبل – قد افترض أن المنعكسات البسيطة التي تتكون من دارات عصبية هي المكونات الأساسية للجهاز العصبي، وأن مجموع ما ينتج من ملايين الإشارات العصبية التي تتحكم في المنعكسات هي التي تنظم أداء أعضاء الجسم لوظائفها. إلا أن <شرينكتون> لم يتطرق إلى المشكلة القديمة وهي: كيف تقوم الإشارات الكهربائية التي تمر عبر النورونات الحركية بالتحكم في الواقع في أداء الأعضاء لوظائفها؟ والجواب سهل نسبيا. ففي واقع الأمر، إن تلك الإشارات تنتج «أدوية». إذ تنقل النورونات المعلومات عبر الألياف العصبية، أو **المحاوير**[3]، وهي امتدادات طويلة تشبه الأسلاك تقع نهاياتها في العضو الذي تنظم أداءه لوظائفه. وفي أبعد نقطة من نهاية المحوار هناك **مشبك**[4]، وهي كلمة وضعها <شرينكتون>. وليست هناك ملامسة مادية بين محوار العصب الذي يقع في أحد طرفي المشبك وبين العصب أو خلايا العضو التي تقع على الطرف الآخر من الفجوة الضيقة التي تدعى **شق المشبك**[5]، فبدلا من ذلك التلامس، فإن وصول الإشارة الكهربائية إلى نهاية المحوار يؤدي إلى إطلاق نواقل عصبية تنتشر إلى الجانب الآخر من شق المشبك وترتبط بالمستقبلات التي هي مواقع للرسو تتوضع على خلايا العضو أو على العصب المستهدف. وترتبط الجزيئات الكيميائية للنواقل العصبية بالمستقبلات الواقعة على الطرف الآخر من شق المشبك لتغير سلوك الخلايا المستهدفة ولتبدل من أدائها لوظيفتها. وقد تبين أن الكثير من الأدوية تعمل بطريقة مماثلة.

وتستثمر شركات الأدوية بلايين الدولارات من أجل تصميم واصطناع مركبات كيميائية لاستخدامها كأدوية تجريبية، وهذه المركبات الكيميائية في الواقع، مثلها مثل النواقل العصبية، ليست إلا جزيئات تتفاعل مع المستقبلات. ويرتبط العديد من الأدوية الشهيرة ارتباطا انتقائيا بمستقبلات نوعية؛ مما يؤدي إلى تعديل الفعالية الاستقلابية وتشغيل بعض الجينات في الخلايا المنتقاة. إلا أن الأدوية قد تكون لها تأثيرات جانبية خطيرة. فما أن تبتلع الأدوية أو تحقن حتى تنتشر في سائر أنحاء الجسم، حيث يمكن أن تؤدي إلى حدوث نتائج غير مرغوب فيها إذا تفاعلت مع الخلايا غير الخلايا المستهدفة.

إن استعمال أداة لإرسال إشارات تنتقل عبر الأعصاب لتحفز على إنتاج نواقل عصبية شبيهة بالأدوية له ميزات واضحة. فالأدوية التي يصنعها الجسم ذاته توصل المواد الكيميائية إلى أنسجة نوعية بكميات محددة بدقة وغير سامة وفي الوقت المناسب تماما؛ مما يؤدي إلى التقليل من تأثيراتها الجانبية.

اكتشاف غير مقصود[*]

بحلول أواخر تسعينات القرن الماضي بدأ استعمال صنف من الأدوية تدعى **الأضداد الوحيدة النسيلة**[6] لمعالجة المصابين **بالتهاب المفاصل الروماتويدي**[7] والداء الالتهابي المعوي وغيرهما من الأمراض. وقد ساعدتُ أنا وزملائي على ابتكار هذه الأدوية التي بإمكانها تخفيف الألم والتورم وتخرب الأنسجة وغيرها من الأعراض الالتهابية التي يسببها

(*) AN ACCIDENTAL DISCOVERY
(١) (1952-1857)
(٢) أو: علم وظائف الأعضاء.
(٣) axons
(٤) synapse
(٥) the synaptic cleft
(٦) monoclonal antibodies
(٧) rheumatoid arthritis

فرط إنتاج عامل نخر الورم وغيره من الجزيئات. وقد وفرت هذه الأدوية للعديد من المرضى الفرصةَ الوحيدة للعيش حياة طبيعية. إلا أن تكاليف هذا النجاح كانت مرتفعة جدا. فقد تراوحت فاتورة المعالجة بهذه الأدوية بين 15 ألف و 30 ألف دولار سنويا للمريض الواحد، وذلك على الرغم من أن أضداد عامل نخر الورم لم تكن فعالة عند خمسين في المئة من المرضى. ولعل أكثر ما كان يثير قلق المرضى وقلق القائمين على رعايتهم هو أن هذه الأدوية قد تسبب تأثيرات جانبية خطيرة بل مميتة أحيانا.

وفي مختبري الذي يوجد حاليا في معهد فاينشتاين للأبحاث الطبية بمانهاسيت في نيويورك كنت أعمل مع زملائي على أسلوب بديل لإحصار عامل نخر الورم، وكان جزيئا ابتكرناه وأسميناه CNI-1493، وكانت فرضيتي الأولية هي أن حقن هذا الدواء التجريبي مباشرة في الدماغ سيمنع إنتاج عامل نخر الورم عند المصابين باحتشاء الدماغ أو السكتة. وعلى الرغم مما اتضح من أن هذه الفرضية كانت صحيحة، فإنني لم أكن مقتنعا تماما بما وجدناه من أن حقن كميات زهيدة من الجزيء CNI-1493 يحصر أيضا إنتاج عامل نخر الورم في جميع أعضاء الجسم. فلم نصدق باديء الأمر هذه النتيجة وأعدنا التجربة مرات عديدة، وفي كل مرة كانت النتائج تؤكد أن حقن كمية صغيرة تتلاشى بسرعة ولا تكفي لإشباع أعضاء الجسم، أدى (هذا الحقن) بطريقة ما إلى إحصار عامل نخر الورم خارج الدماغ. وعلى مدى عدة أشهر ناقشنا هذه النتائج في اجتماعاتنا الأسبوعية التي كنا نعقدها في المختبر من دون أن نقترب من التوصل إلى فهم الآلية التي يعمل بها هذا الدواء.

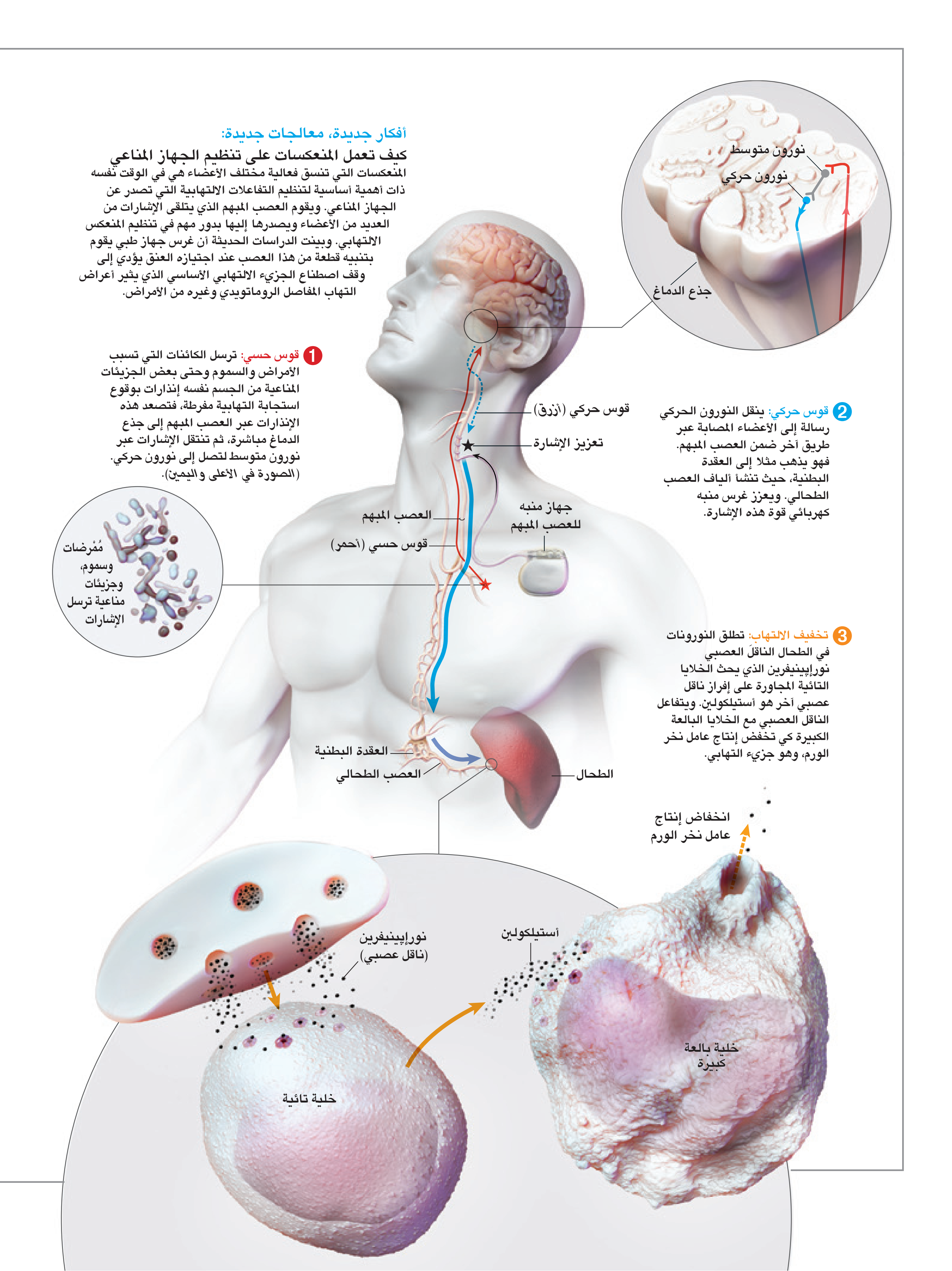
كيف تتحكم الإشارات الكهربائية للأعصاب في أداء الأعضاء لوظائفها؟ الإجابة بسيطة نسبيا: إن الأعصاب تصنع وتطلق أدوية.

فكرنا في باديء الأمر أن الجزيء CNI-1493 يمكن أن ينشط الغدة النخامية الواقعة في قاعدة الدماغ، فينبهها لإنتاج هرمونات، تشمل مركبات ستيرويدية - أو گلوكوستيرويدية - تقوم بدورها بتثبيط إنتاج عامل نخر الورم في الأعضاء البعيدة. إلا أننا وجدنا بعد استئصال جراحي للغدة النخامية عند الجرذان وإعادة التجارب عليها، أن الجزيء CNI-1493 المحقون في الدماغ، استمر بتثبيط عامل نخر الورم. وكان معنى هذه النتيجة أن الغدة النخامية لا تنقل الإشارة التي توقف إنتاج عامل نخر الورم في الجسم. ولدى متابعة البحث عن تفسير آخر للنتائج بدأنا بالتفكير في إمكانية يصعب أن تكون محتملة؛ بأن تكون النورونات الحركية التي تخرج من الدماغ تحمل إشارات لتثبيط عامل نخر الورم في بقية أنحاء الجسم.

ولاختبار هذه الفرضية اعتمدنا على القاعدة الراسخة في العلوم الطبية التي تربط بين مناطق معينة من الدماغ من جهة وبين أشكال محددة من السلوك من جهة أخرى. وإن معظم ما نعلمه عن تحكم الجهاز العصبي في السلوك نشأ عن الدراسات الباكرة للمرضى المصابين بالسكتة الذين كان لديهم تلف محدد في الدماغ. فقد لاحظ ‹P. بروكا›[1] أن التلف الذي يحدث في ناحية صغيرة من القسم الخلفي للفص الجبهي الأيسر من قشرة الدماغ يؤدي إلى عجز المصاب عن الكلام مع احتفاظه بالقدرة على فهم الكلام، وهي حالة تعرف **بحبسة تعبيرية**[2]. وبالمثل لاحظ ‹C. فرنيكه›[3] أن التلف الذي يصيب منطقة مجاورة للمنطقة السابقة، أي في التلفيف الخلفي الصدغي العلوي الأيسر، يؤدي إلى **حبسة حسية**[4] وهي فقدان القدرة على فهم الكلام أو نطق كلام ذي معنى. وقد قادنا الاعتقاد بوجود مناطق متميزة من الدماغ تتحكم في سلوكيات معينة إلى الافتراض بأن قطع دارات ينفرد كل منها بوصل الدماغ بأعضاء الجسم يمكن أن يكشف هوية كل عصب ينفرد وحده بالتحكم في إنتاج عامل نخر الورم. وقد انتابتنا الحيرة في اختيار المكان الذي نبدأ بالعمل عليه، لأن هناك الملايين من هذه الاتصالات بين الدماغ وأعضاء الجسم.

وبينما كنا نفكر في وضع خطة للعمل عثرنا صدفة على مقالة بالغة الأهمية للسيدة ‹L. واتكينز› [من جامعة كولورادو] بينت فيها أن **العصب المبهم**[5] له دور رئيسي في نقل المعلومات الحسية الواردة من أعضاء الجسم إلى قاعدة الدماغ. وقد استخدمت ‹واتكينز› أثناء تجاربها على الجرذان جزيئا مطلقا للإشارات يدعى **إنترلوكين-1 (IL-1)**[6] يسبب الالتهاب والحمى، فوجدت أن حقن الإنترلوكين-1 في البطن يؤدي إلى ارتفاع حرارة الجسم، إلا أنها عندما أعادت الحقن بعد قطع العصب المبهم لم يحدث ارتفاع في حرارة

(١) (1824- 1880)
(٢) expressive aphasia
(٣) (1848- 1905)
(٤) sensory aphasia
(٥) the vagus nerve
(٦) Interleukin-1


أفكار جديدة، معالجات جديدة:
كيف تعمل المنعكسات على تنظيم الجهاز المناعي
المنعكسات التي تنسق فعالية مختلف الأعضاء هي في الوقت نفسه ذات أهمية أساسية لتنظيم التفاعلات الالتهابية التي تصدر عن الجهاز المناعي. ويقوم العصب المبهم الذي يتلقى الإشارات من العديد من الأعضاء ويصدرها إليها بدور مهم في تنظيم المنعكس الالتهابي. وبينت الدراسات الحديثة أن غرس جهاز طبي يقوم بتنبيه قطعة من هذا العصب عند اجتيازه العنق يؤدي إلى وقف اصطناع الجزيء الالتهابي الأساسي الذي يثير أعراض التهاب المفاصل الروماتويدي وغيره من الأمراض.
نورون متوسط
نورون حركي
جذع الدماغ
1 قوس حسي: ترسل الكائنات التي تسبب الأمراض والسموم وحتى بعض الجزيئات المناعية من الجسم نفسه إنذارات بوقوع استجابة التهابية مفرطة، فتصعد هذه الإنذارات عبر العصب المبهم إلى جذع الدماغ مباشرة، ثم تنتقل الإشارات عبر نورون متوسط لتصل إلى نورون حركي. (الصورة في الأعلى واليمين).
قوس حركي (أزرق)
تعزيز الإشارة
2 قوس حركي: ينقل النورون الحركي رسالة إلى الأعضاء المصابة عبر طريق آخر ضمن العصب المبهم. فهو يذهب مثلا إلى العقدة البطنية، حيث تنشأ ألياف العصب الطحالي. ويعزز غرس منبه كهربائي قوة هذه الإشارة.
العصب المبهم
جهاز منبه للعصب المبهم
قوس حسي (أحمر)
مُمْرضات وسموم، وجزيئات مناعية ترسل الإشارات
3 تخفيف الالتهاب: تطلق النورونات في الطحال الناقلَ العصبي نورإپينيفرين الذي يحث الخلايا التائية المجاورة على إفراز ناقل عصبي آخر هو أستيلكولين. ويتفاعل الناقل العصبي مع الخلايا البالعة الكبيرة كي تخفض إنتاج عامل نخر الورم، وهو جزيء التهابي.
العقدة البطنية
العصب الطحالي
الطحال
انخفاض إنتاج عامل نخر الورم
نورإپينيفرين (ناقل عصبي)
أستيلكولين
خلية بالعة كبيرة
خلية تائية

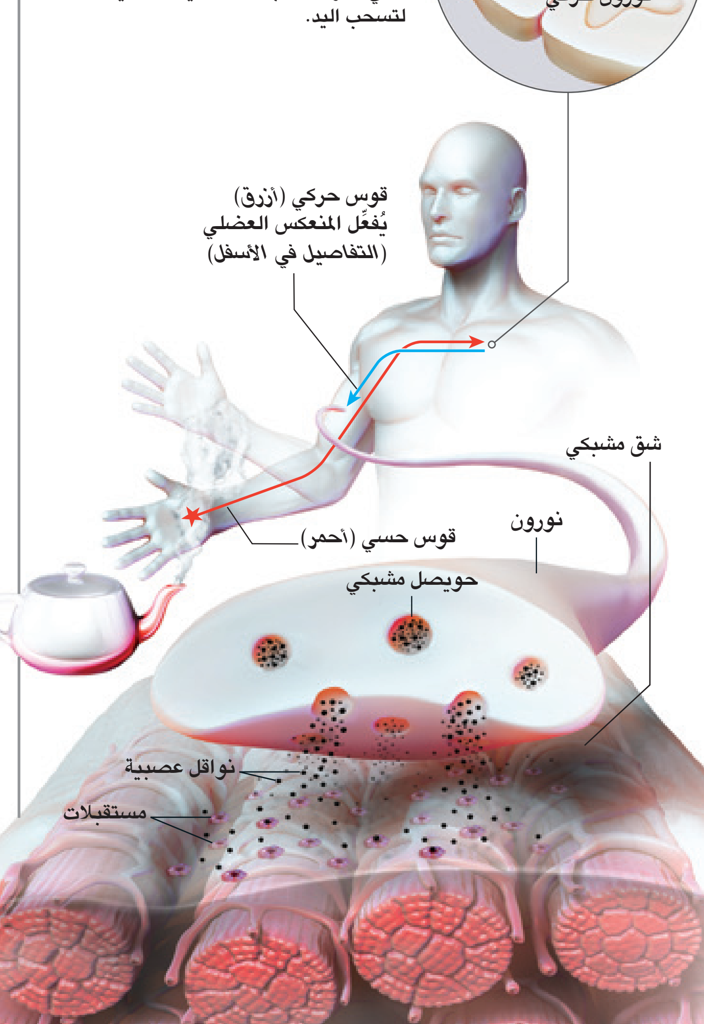
الطريق إلى معالجات جديدة

المنعكسات والالتهاب(*)

يتلقى الجهاز العصبي مدخلات من سائر نواحي الجسم ويقوم بمعالجتها كي تتمكن أعضاء الجسم المختلفة من أداء وظائفها بسلاسة. فكما يؤدي تعرض اليد المفاجئ للهب الصادر عن موقد ساخن إلى حدوث منعكس يجعل اليد تبتعد بسرعة، فإن المنعكسات تكبح أيضا الالتهاب وتفتح المجال لمعالجات جديدة تحل محل الأدوية المضادة للالتهاب.

أساسيات: تضمن المنعكسات أننا لا نقتل أنفسنا

عندما تلفح الأبخرة الحارة الصادرة عن إبريق الشاي يد أحد الأشخاص، تستهل هذه الخطوة مجموعة من الإحداث، تشكل بمجملها منعكسا تسهم فيه الأعصاب والعضلات. إذ ترسل خلية عصبية في اليد إشارة كهربائية عبر أحد الأعصاب في طريق صاعد يعرف بالقوس الحسي(1)، فتصعد تلك الإشارة على طول الطرف العلوي وتصل إلى الحبل النخاعي، حيث يقوم نورون متوسط بنقلها إلى نورون حركي. فيصدر النورون الحركي أمرا يسير بالاتجاه المعاكس على طول الاستطالات التي تتفرع من جسم الخلية النورونية لتصل إلى اليد. حينئذ تطلق الحويصلات الكائنة في نهاية العصب النواقل العصبية. وتعبر هذه النواقل الشق المشبكي ثم تتفاعل مع المستقبلات التي تحرض انقباض الخلايا العضلية لتسحب اليد.



الجسم. وقد استنتجت <واتكينز> من ذلك أن العصب المبهم ينقل المعلومات حول وجود إنترلوكين-1 إلى الدماغ، وأن هذه الإشارات العصبية هي التي تتحكم في حدوث الحمى.

وفي الوقت نفسه، كان <A. نيجيما> [من جامعة نيگاتا في اليابان] يجري تجارب مماثلة على الجرذان بحقنها بإنترلوكين-1، وقد تبين له أن إعطاء إنترلوكين-1 للجرذان يثير فعالية كهربائية في العصب المبهم تتجه نحو الدماغ. ولدى إعادة النظر في هذه المعلومات افترضت أنها قد تمتلك المفتاح المؤدي إلى الكشف عن دارة منعكس خاص بالجهاز المناعي.

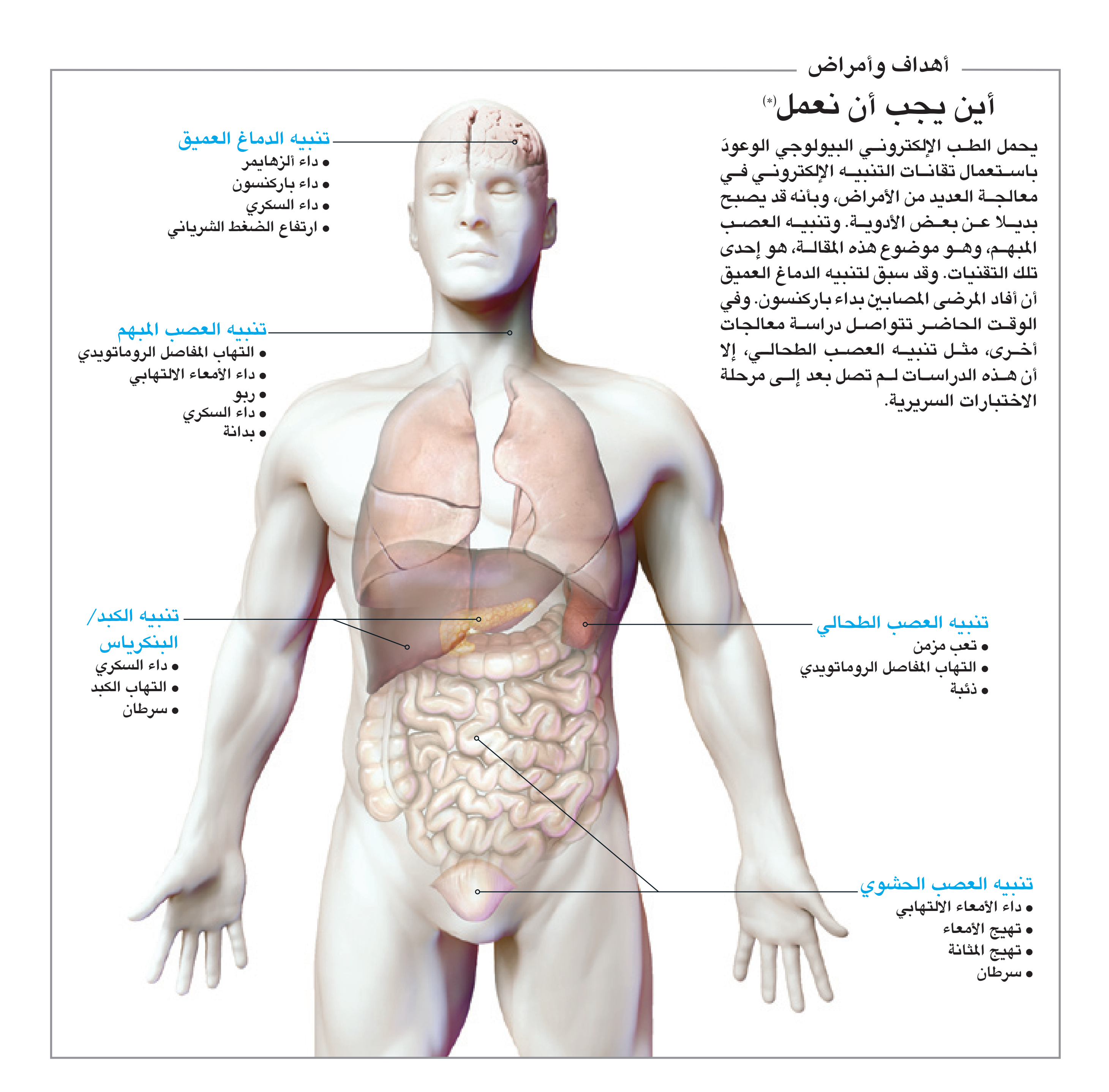
ولدى التأمل في عواقب الإشارات العصبية الصادرة عن العصب المبهم والتي حرضها الإنترلوكين-1، فكرتُ في أنه لابد من وجود إشارات حركية مقابلة تنطلق إلى الأعضاء الواقعة خارج الدماغ من أجل تنظيم العملية الالتهابية. فافترضت أن منعكسا عاديا بسيطا يستطيع أن يضعف العملية الالتهابية ويخفف الحمى ويقلل الضرر الذي يحتمل حدوثه في الأنسجة. وحتى تتم هذه العملية كان من الضروري ألا يقتصر انتقال الإشارات التي يطلقها وجود الجزيئات الالتهابية في الأنسجة عبر العصب المبهم إلى الدماغ، وإنما ينبغي عليها أن تعود أدراجها أيضا عبر العصب نفسه إلى الأنسجة التي انطلقت منها لتأمرها بإيقاف إنتاج عامل نخر الورم وغيره من الجزيئات الالتهابية التي يعرف مجموعها **بالسيتوكينات**(2).

ولما كنت ملتزما بفكرة <شرينگتون> ومفادها بأن المنعكس البسيط يبدأ بمدخلات حسية تتنقل على طول العصب، فقد افترضت أن الإشارة التي توقف عمل عامل نخر الورم والتي تصدر عن العصب المبهم تكمل دارة منعكس عصبي يربط بين الدماغ والجهاز المناعي. وقد كان لهذه الفكرة آثار عميقة ومحتملة لفهم آليات دفاع الجسم ضد العدوى والإصابات. وقد وضعت نظرية تقول إن دارات المنعكسات العصبية التي تتحكم في المناعة سوف تساعد على تعزيز العمليات التي تحفظ للجسم صحته، لمواجهة الالتهاب الذي يطلق الزناد لحدوث الأمراض، وأن التحكم يتم من خلال منع تحرير كميات سامة من عامل نخر الورم وغيره من الجزيئات الالتهابية التي تطلق الإشارات. وبعد ذلك مباشرة أصبحت شديد الاهتمام بهذا الموضوع على الرغم من أن شخصا آخر لابد أن يكون قد فكر في هذه الآلية البيولوجية التي تبدو واضحة.

(*) Reflexes and Inflammation
(1) sensory arc
(2) cytokines

أين يجب أن نعمل(*)

يحمل الطب الإلكتروني البيولوجي الوعودَ باستعمال تقانات التنبيه الإلكتروني في معالجة العديد من الأمراض، وبأنه قد يصبح بديلا عن بعض الأدوية. وتنبيه العصب المبهم، وهو موضوع هذه المقالة، هو إحدى تلك التقنيات. وقد سبق لتنبيه الدماغ العميق أن أفاد المرضى المصابين بداء باركنسون. وفي الوقت الحاضر تتواصل دراسة معالجات أخرى، مثل تنبيه العصب الطحالي، إلا أن هذه الدراسات لم تصل بعد إلى مرحلة الاختبارات السريرية.



وقد اتضح من مراجعة الأدبيات الطبية المنشورة بَيِّنات على أن الأعضاء الرئيسية في الجهاز المناعي بما فيها غدة التوتة والطحال والكبد والعقد اللمفية والرئتين، تتلقى تعصيبها من وصلات تنحدر من الدماغ. إلا أنه لم تكن هناك أية دراسة من تلك الدراسات تصدت للبحث عن منعكس عصبي يتحكم في المناعة. بل إن الرأي المناقض لذلك أصبح في الواقع عقيدة طبية مسلم بها. فقد ركزت الدراسات المناعية خلال عدة عقود على دور الجهاز المناعي في حماية الجسم، وإن هذا الدور مستقل عن الجهاز العصبي. وتركزت المناعة في هذه المجالات على أعمال الخلايا اللمفية والوحيدات والخلايا البالعة وغيرها من خلايا الدم البيضاء دون الإشارة إلى النورونات.

لقد أطلقتُ اسم **المنعكس الالتهابي**(1) على الدارة العصبية التي تمنع الجهاز المناعي من أن يصبح مفرط الفاعلية أو ناقص الفاعلية، وهي الدارة التي تحمي بعد ذلك الجسم من الانسمام وتحمي الأنسجة من التلف. وعندما لا يؤدي المنعكس الالتهابي وظيفته بشكل جيد، فإن وجود السيتوكينات يؤدي إلى مضاعفات تشبه تلك التي تحدث في

(*) Where to Zap
(1) the Inflammatory reflex

أمــراض المناعة الذاتية مثل التهــاب المفاصل الروماتويدي. وقد بدت هذه النظرية جيدة، ولكن كان لا بد من إثبات البينات حولها بالتجربة.

ويحتاج اختبار هذه الفكرة إلى عملية بالغة الدقة تتضمن تمشــيط العصب المبهم جراحيا في عــدة نقاط مختلفة على طول مساره من الدماغ إلى أعضاء الجسم. وينشأ العصب المبهم من جذع الدماغ (على مستوى الأذن عند الإنسان) ثم يسير على شكل حزمتين يمنى ويسرى من الألياف العصبية، وهو يعبر العنق والصدر ثم ينتشــر في جميع أنحاء البطن. ويرتبط العصب على طول مســاره بصورة مباشــرة أو غير مباشرة بمعظم أعضاء الجســم. وأثناء عملنا على الجرذان المخــدرة، كنا نقطع العصب المبهم في العنق ونحقن الجزيء CN1-1493 فــي الدماغ ثم نقيــس كمية عامل نخر الورم في الدمــاغ والطحال وغيرهما من الأعضــاء. وقد حصلنا على نتائج مقنعة: إن وجود عصب مبهم ســليم أمر ضروري كي يتمكــن الجــزيء CNI-1493 في الدماغ مــن إيقاف الخلايا المناعية في مختلف الأعضاء عن إنتاج عامل نخر الورم. وقد تابعنا اقتفاء مســار العصب المبهم وهو يتجه نحو الأســفل وقطعنــاه في مواضــع انتقيناها في نقــاط تتوزع على طول مساره من العنق حتى أعضاء البطن، ووجدنا أن وقف إنتاج عامل نخر الورم لا يحصل إلا عندما يكون العصب سليما في كامل مســاره بدءا من جذع الدماغ ومرورا بالعنق والصدر والبطن وانتهاء بداخل الطحال.

وقد حصلتُ على إثبات أن العصب المبهَم ينقل إلى الطحال الإشــارة التي توقف إنتاج عامل نخر الورم عندما استعملت مسرى كهربائيا يدويا منبها للأعصاب كنت قد حصلت عليه مــن غرفة عمليــات الجراحة العصبية بجامعة نورث شــور، فقد كنت كثيرا ما أســتعمل هذا المسرى الكهربائي لأتعرف العصب الوجهي أثناء قيامي باســتئصال ورم دماغي، وذلك كي أتجنب إلحاق الضرر بهذا العصب. ويشــبه هذا المسرى المصبــاحَ الكهربائــي الصغير الذي يعمــل بالبطارية والذي يحمله الأطباء في جيوب معاطفهم، وينطلق ســلك صغير من ذروة هذا الجهاز بالقــرب من المكان الذي ينبعث منه الضوء في المصباح الكهربائي. وعندما أضع ذروة المسرى على أحد الأعصــاب؛ تنطلق منه شــحنة كهربائية تنبــه العصب الذي يصدر شــحنات جهــد عمل تنقل المعلومــات الكهربائية عبر الألياف العصبية.

وعندما وضعــتُ ذروة أداة تنبيه العصب على العصب المبهــم لدى جرذان مخدرة؛ توقــف إنتاج عامل نخر الورم فــي مختلف الأعضــاء. وكان هذا إثباتا علــى أن تدفقات الكهربــاء في العصــب المبهم تنظم إنتــاج الجهاز المناعي لعامــل نخر الورم. وقد ألهمتنا هــذه التجربة أنه قد يكون مــن الممكن معالجة الأمــراض الالتهابية باســتعمال أداة إلكترونية بيولوجية. وفي موعد تناول طعام الغداء رســمتُ على ظهر منديــل الطعام مخططا يبين أداة ناظمة موصولة بمســرى كهربائي موضوع علــى العصب المبهم في صدر مريــض مصاب بالتهاب مفاصــل روماتويدي أو غيره من الأمراض الالتهابية. ومن عادتي الاحتفاظ بالأشــياء، فقد جمعــت معظم المخلفــات التي تعود إلى مقالــة كتبتها عن ‹لويس باســتور› عندما كنت فــي الصف الثامن. إلا أنني فقدت بطريقة ما المنديل الذي رســمت عليه المخطط، وكان ذلــك أمرا مزعجا جدا؛ ولو عثــرت عليه لكان بمثابة تذكار سار لي في الوقت الحاضر.

إن العمــل الذي قام به في مختبري عشــرات من الزملاء وكثيرون غيرهم في مختبرات الأبحاث التي تتوزع في مختلف أرجاء العالم خلال أكثر من عقد من الزمن قد رســم الملامح البيولوجيــة الجزيئيــة والفزيولوجيــة للمنعكــس الالتهابي. فالعصــب المبهــم – الذي كان البــؤرة المركزيــة لمعظم تلك الأبحاث – يرســل إشــارات من الدماغ إلى الطحال والكبد والســبيل الهضمــي والقلب وإلى غيرها مــن الأعضاء. وقد تناولت معظم هذه الدراســات الطحال باعتباره مركزا مهما لإنتاج عامل نخر الورم، إذ تنحدر شــحنات جهد العمل على طول العصب المبهم إلى القســم العلوي من البطن لتنتهي في **العقـدة البطنيـة**[1]، وهي مجموعة من الخلايا العصبية التي ترســل أليافها إلى الطحال، فتطلق هــذه الألياف في أعماق الطحال جزيئا مؤشــرا هــو **نورإپينيفريـن**[2]، الذي يرتبط بخلايا الجهــاز المناعي التي تدعى **الخلايــا التائية** T cell، ويــؤدي ارتبــاط نورإپينيفريــن بالمســتقبلات الموجودة على الخلايــا التائية إلى الضغط علــى الزناد لإنتاج ناقل عصبي آخر هو أستيلكولين الذي يرتبط بمستقبلات على سطح خلايا مناعيــة تدعى **خلايا بالعة كبيـرة**[3] تنتج بدورها عامل نخر الورم في الطحال. وإن رســو أســتيلكولين على المستقبلات التي تدعى اختصارا $\alpha7$ nAChR يدعو الخلايا البالعة الكبيرة إلى إيقاف إنتاج عامل نخر الورم عن طريق تنبيه طريقين من الطرق الجزيئية.

ويســيطر الطريق الأول على فاعلية بروتين يدعى NF-κB، الذي يعطي التعليمات إلــى الجينات في نواة الخلايا البالعة الكبيــرة كي تبدأ بصنع عامل نخر الورم. أما الطريق الثاني،

(١) the celiac ganglion
(٢) norepinephrine
(٣) macrophages؛ أو: بلاعم.

فيتحكم في تحرير إنترلوكين-1 وغيره من الجزيئات الالتهابية. وفي المستقبل ستتفحص الأبحاث الأعضاء الأخرى التي يصل إليها العصب المبهم، كما ستستقصي الأعصاب الأخرى التي تتفاعل مع الجهاز المناعي.

إن تعرف الأساس التشريحي والجزيئي لهذه الطرق بَيّن أن بإمكان الجهاز العصبي أن يتحكم في الاستجابة المناعية. فعندما تؤدي العدوى أو الإصابات إلى الإخلال بالتوازن الكيميائي الحيوي، تنتقل هذه التبدلات إلى النورونات الحركية في الدماغ، فترد هذه النورونات بإصدار إشارات إلى الأنسجة المصابة كي تنظم إطلاق عامل نخر الورم وإنترلوكين-1 وغيرهما من الجزيئات في الأنسجة وفي مجرى الدم؛ مما يؤدي إلى حدوث استجابات وتفاعلات التهابية في سائر أنحاء الجسم.

و بوتيرة سريعة يسير ابتكار تقنيات حديثة لمراقبة تلك الطرق والتحكم فيها. فنحن نقيس اليوم السيتوكينات لمراقبة مسار الالتهاب. وفي المستقبل سوف **نحلّ شفرة**[1] الإشارات الكهربائية التي تحملها الأعصاب ونستخدمها كوسيلة لتشخيص الأمراض الالتهابية ومراقبتها ومكافحتها.

وكما بيّنا سابقا، فإن من الممكن تعرف تفاصيل الدارات العصبية التي تنظم التفاعلات المناعية عن طريق قطع وتنبيه الأعصاب وعن طريق تفحص الطرق التي تفعل الجينات والجزيئات المناعية. وتشير الدراسات التي أجريت حتى الآن إلى أن هاتين الطريقتين تساعدان على معالجة الاضطرابات التي تشمل التهاب المفاصل الروماتويدي والداء المعوي الالتهابي والتصلب المتعدد وربما حتى داء السكري والسرطان.

وفي عام 2011، وبعد مرور 13 عاما على رسمي لذلك المخطط على منديل المائدة، صادفت في البوسنة والهرسك أول مريض مصاب بالتهاب المفاصل الروماتويدي وعولج بجهاز منبه للعصب المبهم، وهذا الجهاز هو نسخة أكثر تطورا من الجهاز الذي يحمل باليد والذي كنت أستخدمه في مختبري. وقد أخبرني هذا المريض الذي كان في أواسط العمر وكان أبا لعدة أطفال صغار، أن يديه وقدميه وركبتيه كانت تؤلمه لدرجة تجبره على التزام الاستلقاء على الأريكة وتمنعه من العمل واللعب مع أطفاله ومن التمتع بالحياة. ونظرا لعدم قدرته الحصول على الأدوية المضادة لعامل نخر الورم لأنها كانت غالية الثمن في بلاده، فقد حاول المعالجة بالستيرويدات و**الميثوتريكسات**[2] وغيرهما من الأدوية المضادة للالتهاب من دون جدوى. وقد وافق المريض، في نهاية المطاف، على المساهمة في تجربة سريرية يقودها ‹P. تاك› [الاختصاصي بأمراض الروماتيزم في المركز الطبي الأكاديمي لجامعة أمستردام والشركة GlaxoSmithKline]. فقد غرس جراحو الأعصاب جهازا منبها للعصب المبهم تحت عظم الترقوة تماما، فعاد المريض إلى منزله آملا بالتحسن. وبالفعل تحسن المريض خلال بضعة أيام، وبعد عدة أسابيع توقفت الآلام كليا تقريبا. بعد ذلك بدأ باللعب بكرة الطاولة، وتقدمت نشاطاته الرياضية وشملت لعبة كرة المضرب (التنس)، وعندها أصيب برض في الركبة. وقد حذره الفريق الطبي من ممارسة النشاطات الرياضية المجهدة، وجاء ذلك التحذير بعد أسابيع قليلة من فترة كان يتحرك فيها بصعوبة بالغة. والآن وبعد مرور أربع سنوات تقريبا على العملية لا يزال ينعم بهدأة المرض ولا يحتاج إلى استعمال الأدوية الخطيرة مثل الستيرويدات التي يمكن أن تقلل مناعته ضد العدوى وتؤدي إلى إصابته بداء السكري أو بارتفاع الضغط الشرياني.

وقد عُرِضت حالة هذا المريض في الاجتماع الذي عقدته الكلية الأمريكية لعلوم الروماتيزم في الشهر 2012/11 في مدينة واشنطن. فقام بعرض حالة ‹تاك› وزميلته ‹F. كويمان› [من المركز الطبي الأكاديمي] وزميلهما ‹R. زيتنك› [من الشركة SetPoint Medical] وهي شركة أسهمتُ في تأسيسها، لتطوير التنبيه العصبي من أجل تنظيم المنعكسات الالتهابية. وقد تبين أن هذا المريض وخمسة آخرين من بين ثمانية مرضى التهاب المفاصل الروماتويدي الطويل الأمد والمسبب للإعاقة، قد تحسنوا تحسنا ملحوظا بعد أن خضعوا لعملية غرس جهاز منبه للعصب المبهم في أجسامهم. وفي الوقت الذي أكتب فيه هذه المقالة تتواصل الدراسات التي تهدف إلى تقييم دور تنبيه العصب المبهم كعلاج إضافي للداء المعوي الالتهابي. وإذا تكللت هذه التجارب بالنجاح؛ فقد يتبوأ الطب الإلكتروني البيولوجي المكان الذي كانت بعض الأدوية تحتله في المعالجة.

ويتواصل إحراز التقدم في هذا المجال. ففي منتصف الشهر 2015/1 وافقت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية على استعمال جهاز منبه للعصب المبهم؛ فيؤدي إلى الشعور بالشبع عند المرضى البدينين. وقد نوقشت الآفاق المستقبلية للطب الإلكتروني البيولوجي في القمة الأولى لهذا الطب التي عقدت في عام 2013، وهو المؤتمر الذي استضافته الشركة GlaxoSmithKline للبدء بوضع خارطة طريق للأبحاث العلمية في هذا المجال. وقد أعلنت الشركة GlaxoSmithKline عن جائزة قدرها مليون

(١) decipher
(٢) methotrexate

دولار للابتكارات في هذا المضمار إضافة إلى خمسين مليون دولار تعهدت الشركة بإنفاقها على دعم الأبحاث الفردية. وإضافة إلى ذلك، فقد أعلنت المعاهد الوطنية للصحة عن تخصيص مبلغ 248 مليون دولار لبرنامج يمتد سبع سنوات ويدعى **تنبيه الأنشطة المحيطية لتخفيف الحالات** (SPARC)[١]، وهو برنامج يهدف إلى تحسين تقانات الإلكترونيات البيولوجية، كما أطلقت **وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة في وزارة الدفاع** (DARPA)[٢] **مشروع الوصفات الكهربائية** ElectRx[٣] لتمويل العمل على التقنيات الهادفة إلى تعزيز الصحة عن طريق تسخير أعصاب الجسم.

إن مقاربتنا الأصلية التي تدعو إلى استقصاء الآليات الجزيئية التي تشكل أساس المنعكسات الالتهابية أصبحت تطبق الآن على نطاق واسع في الأمراض الأخرى التي تصيب أجهزة المناعة والقلب والأوعية والتنفس والهضم والغدد الصماء والأعصاب والكلية، وإن اتساع نطاق معارفنا بالمنعكسات العصبية النوعية، الذي يكتسب المزيد من التمكين بتوافر المساري والأدوات الجزيئية التي تزداد دقتها باستمرار، سوف يرسم معالم قدرتنا على تنبيه ألياف الأعصاب الصغيرة بل وعلى تنبيه محور عصبي بمفرده.

وقد يتساءل البعض عمّا إذا كان الطب الإلكتروني البيولوجي يشكل تهديدا للصناعة الدوائية. وأنا أعتقد أن الأجهزة الإلكترونية البيولوجية سوف تحل محل بعض الأدوية وسوف تكمل عمل أدوية أخرى، أما المضادات الحيوية والأدوية المضادة للالتهاب فهي باقية. ولكنني أعتقد أن شركات الأدوية ستستمر بزيادة استثماراتها في الطب الإلكتروني البيولوجي.

التفكير مرة أخرى في المناعة[*]

لا يفكر معظم الناس كثيرا في المنعكسات، مع أنها موجودة في كل مكان. فالحيوانات البدائية، مثل الديدان التي لا تمتلك أدمغة أو وعيا، تعتمد على المنعكسات كي تجد الطعام وتتعرف أقرانها وتتجنب الحيوانات المفترسة، تُنشئ استجابات دفاعية تجاه العدوى والإصابات. ولنمعن النظر في الدودة المسماة **المخططة الأنيقة**[٤]، وهي دودة مدورة قديمة في السلم التطوري تتغذى بجراثيم التربة كي تستمر بالوجود. فهي تصادف أحيانا جراثيم تسبب الأمراض، وهو أمر قد يكون مميتا إلا أنه يؤدي إلى تفعيل سلسلة من الإجراءات الدفاعية المضادة في الجهاز المناعي للدودة. فعملية التطور تفضل الأنواع التي تبدي استجابة وقائية منسقة لمجابهة الأخطار التي تتمثل بالعدوى وبالإصابات، وقد طورت تلك الدودة جهازا ممتازا لتحقيق ذلك. إذ يتألف الجهاز العصبي البسيط لهذه الدودة من 302 نورون (عصبون)، وعدد قليل ومختار منها حساس لوجود الكائنات التي تسبب الأمراض. وتطلق هذه النورونات دارة منعكس تتحكم في فاعلية الجهاز المناعي للدودة، وتمنع الاستجابة المناعية من أن تصبح سامة للدودة نفسها.

أما في الفقاريات العليا، فإن الجهازين البيولوجيين اللذين تعلما من التجربة كيفية الدفاع عن الكائنات الحية هما الجهاز العصبي والجهاز المناعي. وقد بينت الأبحاث أن المنعكسات الالتهابية في هذين الجهازين تتداخلان بواسطة دارات منعكسات بسيطة ودقيقة كي تحافظ على الاستتباب المناعي. وكما هي الحال في الديدان المدورة الدنيا، فعلينا أن نكون واعين بهذه الآليات حتى نستفيد من وظائفها الوقائية المدهشة.

لقد وصلنا إلى مفترق طرق فريد في تاريخ الطب. إذ تتوزع المنعكسات البسيطة في جميع أنحاء الجهاز العصبي، كما تربط تريليونات من المشابك في الجهاز العصبي النورونات ببعضها. وتتوافر لدينا الآن أدوات للبحث تتمتع بحساسية تكفي للكشف عن الدارات النوعية التي تتحكم بالجهاز المناعي، كما يمكن استخدام تلك الأدوات في المعالجة. وفي أوائل القرن العشرين عزا ‹شرينگتون› سيطرة العرق البشري الذي يعتبر أكثر الأجناس الحيوانية نجاحا على سطح الكرة الأرضية، إلى قدرة المناطق العلوية من دماغ الإنسان على السيطرة على منعكساته البدائية، وأشار إلى «أن أقواس المنعكسات يمكن التحكم فيها بآليات يأخذ فيها الوعي دورا مساعدا». وعودة إلى الوراء، لم يكن ‹شرينگتون› يتصور ظهور تقانات تتحكم في المنعكسات وتستطيع الحفاظ على العمليات الالتهابية للجهاز المناعي في حالة توازن مناسب. إلا أن هذا الوقت قد حان الآن. ■

(*) MIND OVER IMMUNITY
(١) Stimulating Peripheral Activity to Relieve Conditions
(٢) Defense Advanced Research Projects Agency
(٣) Electrical Prescriptions
(٤) *Caenorhabditis elegans*

مراجع للاستزادة

The Inflammatory Reflex. Kevin J. Tracey in *Nature*, Vol. 420, pages 853–859; December 19, 2002.

Reflex Principles of Immunological Homeostasis. Ulf Andersson and Kevin J. Tracey in *Annual Review of Immunology*, Vol. 30, pages 313–335; April 2012.

Invasion of the Body Hackers. Michael Behar in *New York Times Magazine*; May 25, 2014.

Scientific American, March 2015



عالَم من الحركة[*]

يُظهر «مجهر حركة»[١] جديد تغيرات طفيفة في أشياء – وفي كائنات بشرية – تبدو للعين المجردة ثابتا تماما.

<F. دوراند> – <W. T. فريمان> – <M. روبنشتاين>

قامت **المجاهر**[٢] الأولى، في سنوات القرن السادس عشر والقرن السابع عشر، بتحويل ألواح الزجاج التي كانت تبدو شفافة جدا، إلى عالم زاخر بالبكتيريا والخلايا وغبار الطلع فضلا عن بلورات معقدة. ومثلت مساعدات الإظهار هذه الأجهزةَ الأولى التي بينت للناس وجود خلايا ضمن قطرة الدم. وبعد ذلك توالت إنجازات المجاهر في إظهار عوالم خفية أخرى للعلماء من خلال الغوص في أعماق الخلايا، أو النزول نحو عالم الذرات.

نعتقد أن نوعا جديدا من المجاهر على وشك الكشف عن عالم مثير وجديد: عالم يعج بالحركة وتغيرات اللون الطفيفة التي لا تتمكن العين من كشفها. ويزداد احمرار وجه الواحد منا مع تدفق الدم إليه ثم يعود فاتح اللون، كما يمكن للريح أن تتسبب بتأرجح ضئيل لروافع البناء الضخمة، في حين أن تنفس الرضيع غالبا ما يكون خافتا بشكل تصعب رؤية حركته. وتعد هذه الحركات المذكورة صغيرة لدرجة يصعب تصورها، لكن أهميتها عالية جدا. إذ يمكن بواسطتها معرفة الحالة الصحية للفرد أو تبين واقع الاهتزازات لآلة في وضع حرج يمكن أن تنهار. فقد تمكنا بالتعاون مع طلابنا ومعاونينا من تصميم ما أسميناه **مجهر الحركة**[١]، وهو آلة تجمع ما بين آلة تصوير (كاميرا) ڤيديوي ونظام حاسوبي متخصص. ويمكن لهذه الآلة تكبير حركات البشر والأشياء التي تبدو للعين المجردة ثابتة لا تتحرك أبدا.

(*) A WORLD OF MOVEMENT

(١) motion microscope

(٢) microscopes؛ أو: ميكروسكوبات.

حساب اللون(*)

وكانت الصدفة المحضة هي وراء اكتشافنا لمجهر الحركة. وكنا نعمل في مشروع ڤيديو يهدف إلى قياس التغيرات الطفيفة بالألوان، التي تصعب رؤيتها بالعين دون أداة مساعدة. وفي عام 2010 قام العلماء <.Z-M بوه> و<.D ماكدف> و<.W .R بيكارد> [من مختبر الوسائط المتعددة في المعهد MIT] بتبيان إمكانية استخدام آلة تصوير ڤيديوي لقياس النبضة من خلال الكشف عن تغيرات طفيفة جدا في اللون ناجمة عن تدفق الدم إلى داخل الوجه وخارجه بالتناغم مع ضربات القلب. (لقد حوّلوا هذه التقنية إلى تطبيق في الهواتف الذكية لقياس النبض، يدعى **كارديو** Cardiio). وأحسسنا في حينه بصعوبة الحسابات المطبقة وتعقيدها بما يفوق الحاجة، لاسيما استخدام علاقات متقدمة في **الجبر الخطي**(1)؛ ولذلك بدأنا بالبحث عن طريقة أسهل لتطبيق هذه التقنية.

ويكمن التحدي الأساسي هنا في الصغر الشديد لتغير اللون في أي **بكسل**(2) منفرد ينجم عن تدفق الدم - إذ يبلغ التغير مقدار 0.2 في المئة فقط على مدى النبضة الواحدة. وحيث إن حساسات آلة التصوير لا تستطيع مع الأسف التقاط وتسجيل القيم بشكل دقيق، إذ تتضمن دوما ضجيجا عشوائيا تزيد قيمته نمطيا على الـ 0.2 في المئة، فإن هذا الضجيج يُعدُّ مسؤولا بشكل كبير عن تعتيم وطمس التغيرات في درجة الاحمرار واللون.

وخلال البحث عن طريقة أسهل، نحن وطالبنا <.Y-H وو> والباحثين <.J گوتاگ> [من الـ MIT] و<.E شيه> [وكان حينها في مركز الأبحاث كوانتا في كمبردج] قررنا الاستعاضة عن العدد الذي يمثل اللون في كل بكسل بمتوسط الأعداد في جميع البكسلات المجاورة. وأثمرت هذه الطريقة عن تخميد شديد للضجيج بسبب ميل هذه التراوحات والتأرجحات العشوائية إلى التعاكس، فيحذف بعضها بعضا في البكسلات المتواجدة ضمن تجمع كبير كفاية. وكما قمنا بعملية تصفية وترشيح لتغيرات اللون التي تحدث خلال دور زمني أكبر أو أصغر من المجال الزمني السائد للنبضات الصادرة عن البالغين المستريحين.

ونجحت مقاربتنا البسيطة في تحويل التغيرات اللونية في البكسلات إلى عدد ضربات القلب في الدقيقة الواحدة. لكن تغيرات اللون هذه كانت غير مرئية لنا في الواقع، وكنا نرغب في مشاهدة كيف تبدو حقيقة. ومن خلال إجراء الحسابات المتعلقة بتغيرات درجة الاحمرار في كل بكسل في المشهد الڤيديوي عبر الزمن ومن ثم تكبير الناتج 100 مرة، تمكنا بوضوح من رؤية وجه الإنسان البالغ يزداد احمرارا مع كل ضربة من ضربات قلبه.

وتعمل هذه التقنية أيضا في حالة المواليد الصغار. فقد أجرينا اختبارا على حديثي الولادة بمساعدة الطبيبين <.E بريزنسكي> و<.K مكالمون> [وكانا يعملان حينها في مستشفى وينشستر بولاية ماساتشوستس] وقمنا بتصوير ڤيديوي باستخدام آلة تصوير رقمية عادية. وبعد التكبير وجدنا أن النبضات الملتقطة بالڤيديو وتلك المأخوذة من مقياس نبضات تقليدي متصل بإصبع الطفل الرضيع؛ تتوافق تماما مع بعضها البعض. ودفعت هذه الملاحظة نحو إمكانية قياس النبضة من دون تحقيق تماس أو وصل ما بالرضيع، وهذا أمر مهم في حالات المواليد الخدج (السابقة لأوانها) ذوي البنية الهشة القابلة للتأذي بفعل هكذا تماس. أما فيما يتعلق بالبالغين، فإن عملية الإظهار هذه يمكن أن تساعد مستقبلا على تبيان حالات خلل في جريان الدم يمكنها أن تؤدي إلى مقتضيات مؤذية للصحة، من مثل عدم التناظر في الجريان بين شطري الجسم الأيسر والأيمن.

حياة ليست ثابتة تماما(**)

واجهتنا منظومتنا الڤيديوية هذه بالأحجية التالية. فقد طلبنا إلى البالغين الواقفين أمام آلة التصوير الڤيديوي المحافظةَ على ثباتهم دون أي حركة بهدف تبسيط عملية معالجة الألوان في منظومتنا، وقد بدت رؤوسهم فعلا في حالة انعدام للحركة في أفلام الڤيديو الأصلية. لكن مشاهدة النتائج بعد عملية

(*) CALCULATING COLOR
(**) NOT SO STILL LIFE
(1) linear algebra
(2) pixle

باختصار

على الرغم من مشاهدة الثبات المطلق في أشياء وكائنات عديدة، فإنها تتحرك في الواقع بشكل لا تدركه أبصارنا. وتكون هذه الحركات صغيرة جدا ومهمة جدا كما في تنفس المولود الصغير.

ومن **خلال تكبير تغيرات اللون** في بكسلات مشهد الڤيديو لحظة بلحظة، تمكن الباحثون من إيجاد مجهر حركة يجعل تلك الحركات الصغيرة مرئية بوضوح.

و**يمكن لهذه الحركات المكبرة** أن تدل على مؤشرات صحية بالغة الأهمية كما في تغير النبضات أو تدفق الدم أو الإنذار عن مشكلات في مستوى الأمان كتلك التي تحدثها اهتزازات غير طبيعية في الآلات الثقيلة.

المؤلفون

Frédo Durand

يعمل <دوراند> في مجال **التصوير الحوسبي**[1] أستاذا للهندسة الكهربائية وعلوم الحاسوب بمعهد ماستشوستس للتقانة (MIT).



William T. Freeman

درس <فريمان> أستاذ الهندسة الكهربائية وعلوم الحاسوب بالمعهد MIT كيفية تطبيق تعليم الآلات على **الرؤية بواسطة الحاسوب**[2].



Michael Rubinstein

<روبنشتاين> عالم باحث من شركة غوغل يعمل في مجال الرؤية بواسطة الحاسوب. وقام بعمله المتعلق بمجهر الحركة أثناء وجوده في شركة ميكروسوفت للأبحاث وفي المعهد MIT.

تكبير تغيرات اللون المذكورة بينت وجود حركة لتلك الرؤوس. أي إن تقنيتنا، على ما يبدو، لم تعزز من تباين الألوان فحسب، بل طالت أيضا الحركات الصغيرة جدا.

وتمكنا في أعمالنا السابقة مع زملاء آخرين من أن نحقق ڤيديوهات تكبر فيها الحركات الصغيرة. لكنها تضمنت في المقابل برمجيات متخصصة لحساب اتجاهات الحركة - أشعة الحركة - من أجل كل بكسل عند كل نقطة، ومن ثم تحريكها ونقلها نحو مواضع جديدة. وتنتج من ذلك آلية معقدة ومعرضة للأخطاء. فقد دهشنا عندما أعطت مقاربتنا الجديدة نتائج مماثلة مع اتسامها ببساطة الحساب دونما حاجة إلى أشعة الحركة المعقدة.

لماذا تُضخم تغيرات اللون الكبيرة أيضا تلك الحركات الصغيرة؟ لمعرفة ذلك، يتعين علينا معرفة كيف تتسبب الحركة في الڤيديو بتغيرات موضعية في اللون. تخيل إضاءة شيء ما - كرة مثلا - من اليمين؛ مما يجعل الجانب الأيمن للكرة ساطعا والجانب الأيسر معتما نسبيا. وإذا طارت الكرة من اليسار إلى اليمين من خلال شاشة ڤيديو، فإن بكسلا في موضع محدد وثابت على الشاشة سيغدو أكثر عتمة مع مرور الزمن بسبب تمثيله لنقاط إلى يسار الكرة تبعد عنها شيئا فشيئا. ويعتمد التغير على السرعة التي تتحرك بها الكرة إضافة إلى حدة التغير في السطوع بين جانبي الكرة الأيسر والأيمن، وهو ما يدعى **بتدرج اللون**[3]. رياضياتيا، يمكننا القول إن تغير لون البكسل عبر الزمن مساوٍ لجداء سرعة الشيء المتحرك بتدرج اللون المذكور.

ولا تتطلب خوارزميتنا الجديدة معرفةَ السرعة ولا التدرج اللوني. ومع ذلك، وبما أنها تكبر تغير اللون عند أي نقطة محددة مع تحرك الكرة بمقدار جزء من البوصة إلى اليمين، فهي تكبر أيضا حركة الكرة الجزئية بحيث تتمكن عيناك من رؤيتها. وبشكل مماثل، تتغير ألوان البكسلات التي تمثل نقاطا محددة على صدر الرضيع عندما يتنفس، ومن ثم يؤدي تكبير تغيرات الألوان بدوره إلى جعل تلك الحركة الطفيفة للصدر أشد وضوحا.

نظرة في السوائل(*)

إن الفوارق بين طريقتنا القديمة التي تستخدم الأشعة ومقاربتنا الجديدة التي ترتكز على تغيرات اللون بدلالة الزمن هي مسألة تتعلق بمنظورنا للموضوع. إنه الفرق بين أن تمضي مع الجريان وأن تقف ثابتا في وسط التيار. فقد مكننا تغيير وجهة النظر هذه من تبسيط حساباتنا الجديدة. وتأتي هذه الفكرة اقتباسا من العلماء الذين يقفون مراقبين لجريان السائل ثم يقومون بنمذجة حركته. فهناك طريقتان متباينتان لعمل ذلك: طريقة <لاگرانگ> وطريقة <أويلر>. وتتبع طريقة <لاگرانگ> جزءا معينا من السائل خلال حركته في الفضاء، وهذا يحاكي وضع مراقب يقف على مركب يجري في نهر. وفي المقابل، فإن نهج <أويلر> يعتمد موقعا ثابتا في المكان ليدرس السائل الذي يتدفق عنده، كما لو كان المراقب يقف على جسر مثلا.

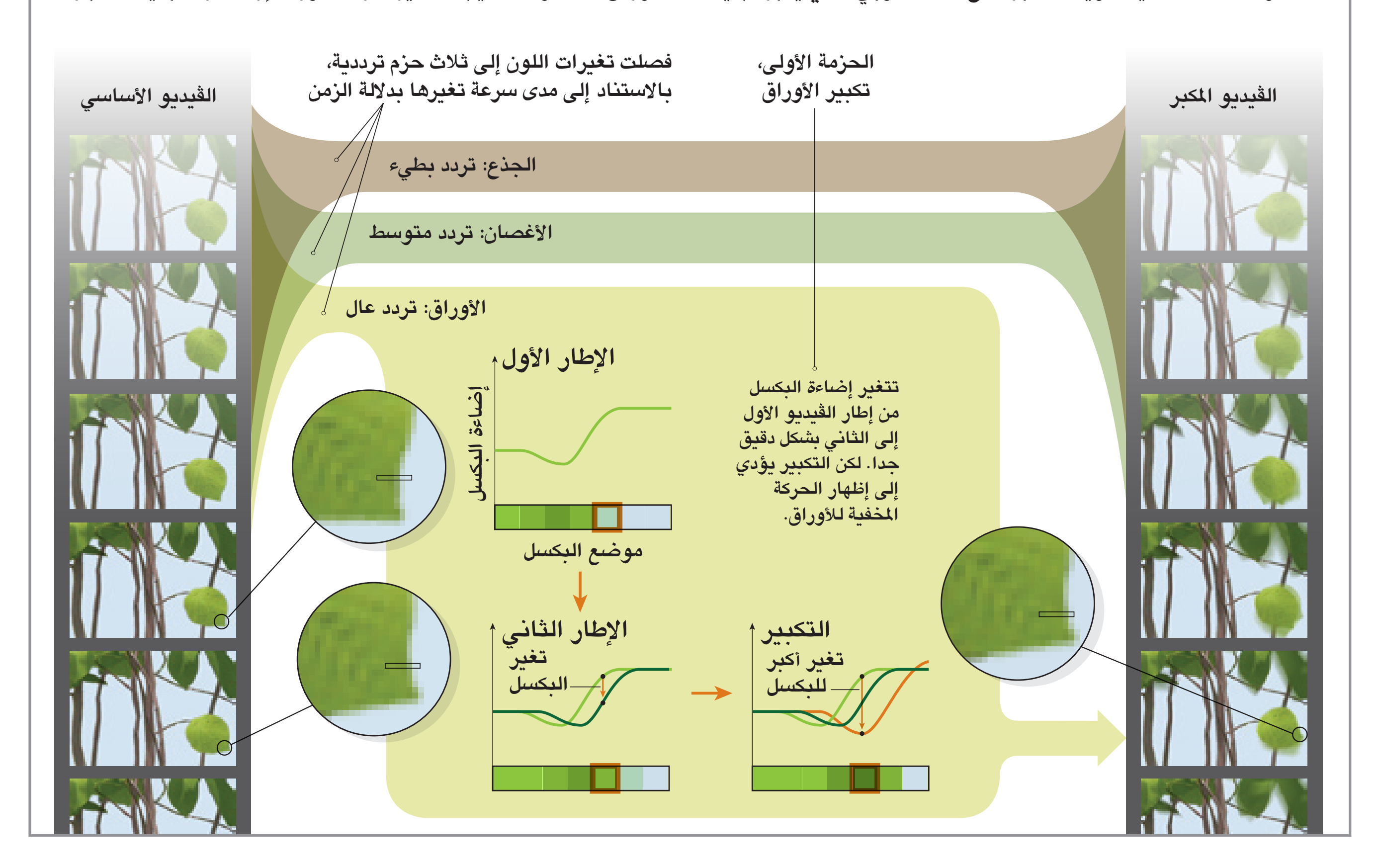
ويعتمد نهجنا القديم على فلسفة مقاربة <لاگرانگ>، أي محاكاة المراقب على متن مركب، حيث تلاحق البكسلات في ڤيديو الدخل ثم تتحرك - بفعل حركة المركب - تبعا للأشعة المكبرة من نقطة إلى نقطة أخرى وهكذا. وفي المقابل تأخذ مقاربتنا الجديدة بالاعتبار تغيرات اللون عند موضع ثابت فقط، بشكل يماثل حالة المراقب الواقف على الجسر. وينطبق هذا المنظور الموضعي على الحركات الصغيرة فقط، لكنه يجعلها أكثر بساطة ووضوحا. ويمكن للحاسوب معالجة الڤيديو الناتج من هذه الطريقة بسرعة، بينما احتاج عملنا الأسبق إلى الكثير من الوقت للمعالجة الحاسوبية، ونادرا ما خلا من الأخطاء.

وفي عام 2012 نشرنا بحثا حول طريقتنا الجديدة أسميناه **التكبير الڤيديوي بطريقة <أويلر>**[4]. وقد بَيّن البحث كيف غيّر جريان الدم من شكل الوجه. كما تضمن عددا من الأمثلة الأخرى، كحركات التنفس عند الطفل، التي يمكن تكبيرها بحيث تتيح لوالدي طفل حديث الولادة رؤية إشارة ڤيديوية محسنة ومكبرة تدل على حالة حركة التنفس عند الطفل. كما قمنا أيضا بتسجيل ڤيديوي سريع لقيثارة تهتز جميع أوتارها واخترنا مجالات ترددية ضيقة تتموضع حول «نوطات» موسيقية معينة، كالمجال 72 هرتزاً حتى 92 هرتزاً لوتر يعطي العلامة الموسيقية مي (E) المنخفضة ويهتز عند 82 هرتزاً. وقد ضخَّم هذا الأمر من حركة وتر واحد بينما بدت الأوتار الأخرى وكأنها ثابتة تماما.

(*) A FLUID LOOK
(1) computational photography
(2) computer vision
(3) color gradient
(4) Eulerian video magnification

تحويل تغيّرات اللون إلى حركة(*)

يُمثل البكسل في كل ڤيديو نقطة على جسم الشيء، مثل ورقة أو غصن على شجرة. ومع جريان الساعة يتغير لون ذلك البكسل بفعل تحرك الورقة - ولو بشكل طفيف جدا - لأن الورقة تتحرك بالنسبة إلى الضوء الساقط عليها. ويعمد البرنامج الحاسوبي الذي يكبر تباين الألوان من إطار إلى آخر إلى تضخيم إضافي لتلك الحركات الخفيفة، بحيث يجعلها تظهر واضحة للعين المجردة. ويمكن للباحثين عزل وتكبير تردد زمني معين ما - ولنقل مثلا التردد الموافق لسرعة تأرجح الأوراق - فتكون النتيجة تمايز حركة الورقة إزاء حركة بقية الشجرة.



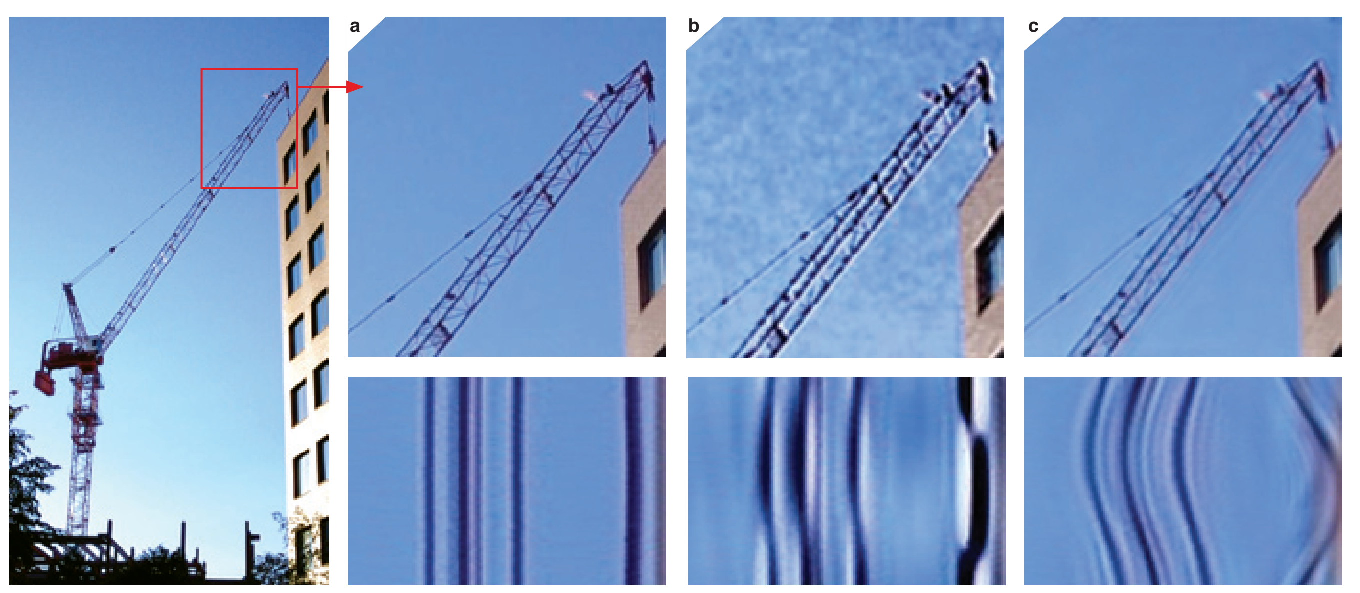
لقد أحدثنا موقعا على شبكة **الوب** web يستطيع الناس من خلاله تحميل إشارة الڤيديو التي لديهم ومن ثم إطلاق عملية تكبير الحركة المعنية. (شاهد شاشة الڤيديو هذه على: https//videoscope.qrilab.com). فقد استخدمها الناس بطرائق لم تخطر على بالنا، الأمر الذي كان مثيرا لدينا. وأرسل أحدهم شريط ڤيديو يبين حركات جنين في مراحل الحمل المتأخرة. كما كبَّر آخر حركة التنفس لخنزيره الغيني الأليف. كذلك الحال مع طالبة فنون قامت بعمل ڤيديو يبين الحركات والتعابير غير المحسوسة لأصدقائها وهم يجهدون للبقاء بحالة ثبات.

لقد تعلمنا كذلك أن مقاربة ‹أويلر› ذات محدودية أيضا. فإن أضحى بكسلُ دخلٍ معينٌ أكثر عتمة عند الانتقال من إطار إلى إطار آخر لاحق، فإن الحاسوب يقوي هذا الفارق بشكل مفرط مما يكوّن بكسلا معتما بالكامل، وهذه حالة أثر انفلات في التكبير. وتسبب مثل هذه الحالات الحدية «هالات» من العتمة أو الضياء حول مناطق الحركة. كما تعتبر تغيرات اللون في الدخل الناجمة عن ضجيج الحساسات مشكلة أيضا - مع إننا عَملنا على تلطيفها بعملية التوسيط (أخذ **الوسطي** averaging) لعدد من البكسلات المتجاورة - لأن الضجيج ينال نصيبا من التكبير على الرغم من ذلك.

وقد حثتنا هذه النتائج، مع طالبنا في الدراسات العليا <N. وادهوا›، على تطوير خوارزمية جديدة تحافظ على فضائل مقاربات ‹أويلر› البسيطة، ولكنها تؤدي إلى مشهد مُحسَّن عند حدوث التغيرات الحادة.

لقد أدركنا أن السبب الأساسي في عوامل قصور طريقتنا الأصلية هو افتراض خاطئ اعتمدناه. إذ جرت المعالجة كما لو أن فرق اللون بين كل بكسل وبين البكسلات المجاورة هو ذاته - سواء أكانت إلى يمينه أم يساره أم فوقه أم تحته - وهذا لسوء الحظ افتراض غير صحيح دائما. وتوافق الحواف مثلا فروقا أكبر في البكسلات (تدرجات أعلى) مقارنة بالمناطق

(*) Turning Color Changes into Motion



الهدف المتحرك: تبدو رافعة البناء ثابتة لا تتحرك (a). تكشف عملية تكبير تغيرات اللون عن انثناء، لكن البكسلات تبدو كأنها مُثلمة (b). يعمل الحاسوب على تنعيم الحالات الانتقالية فتظهر الحركة (c). تبين الصور في الأسفل سمة واحدة لرافعة تتحرك بدلالة الزمن.

الملساء المحيطة بها. وهكذا، إذا قمت بتكبير جميع البكسلات في لحظة ما بالمقدار نفسه، فسوف تحصل على تشويهات لا تنسجم وواقع الحركات الحقيقية.

وقد قررنا استخدام بديل عن تكبير كل جزء – مجموعة موضعية من البكسلات – من الصورة بالمقدار نفسه، وذلك عبر تمثيل هذا الجزء رياضياتيا **بموجة جيبية**[١]. وتتجلى الموجة الجيبية بتناوب ارتفاعها وانخفاضها، وبينما يعبر القسم ذو الميل الشديد منها عن تغير سريع، فإن سنام وقعر الموجة يدلان على تغير بطيء. وفي صور الڤيديو، تحاكي الحوافُ القسمَ ذا التغير السريع بينما تماثل المناطقُ الملساء القسمَ ذا التغير البطيء. ويمكننا تمثيل التغير في منطقة من صورة ما عبر الزمن بالتغير الملحوظ فيما يعرف بـ «**طور الموجة**»[٢]. ويساعدنا التحرك من طور سريع التغير إلى طور بطيء التغير على توصيف وتحديد مقدار الحركة الحاصلة بين إطارين متتالين لمشهد الڤيديو. كما أن هذا الأمر لا يكوّن معه تشوهات صنعية كالمتمثلة بظهور الهالات. وقد نشرنا هذا التقدم في بحثنا عام 2013.

حركات صغيرة ومقتضيات كبيرة[*]

وبعد معالجة مكامن الخلل هذه، وجدنا أن بإمكاننا معالجة أفلام ڤيديو لمشاهدة حركات في غاية الصغر لم يكن تنبُّؤها ممكنا إلا من خلال المعادلات أو المحاكاة الحاسوبية. فعلى سبيل المثال، تعتبر القشرة التي تحيط بالإطار الدائري لأنبوب الـ PVC (البلاستيك) شيئا بسيطا. وعند طَرْق هذه القشرة بمطرقة أو ما شابه، فإنها تنحني ثم ترتد وبأنماطَ مميزة تأخذ بالاهتزاز عند ترددات زمنية مختلفة. وتتزاحم بإحكام أنماط الاهتزاز السريع إلى الأعلى والأسفل وتضيق، بينما تكون الانزياحات البطيئة أكبر وتجبر القشرة على أخذ أشكال متباينة. إن هذه الأنماط الموصفة تظهر جلية في الكتب المرجعية الهندسية على شكل معادلات، لكن رؤية هذه التشوهات في الأنبوب على حقيقتها كانت أمرا متعذرا نظرا لضآلة التغيرات هذه.

التقطنا مشاهد ڤيديو سريعة لأنابيب تعرضت للطرق. وكان من المتعذر مشاهدة أي تغير في الشكل الدائري لمقطع الأنبوب في الڤيديو غير المعالج. ومن ثم قام <J. تشن> [طالب الدراسات العليا تحت إشراف <O. بيوكوزترك> في المعهد MIT وكان يعمل على مشروع مع علماء من شركة Shell العالمية E&P] بتمرير الڤيديو عبر مجهرنا المتحرك وطلب إلى الحاسوب استخلاص أنماط الترددات الثلاثة الأخفض من الاهتزاز. (وهذا هو المبدأ نفسه الذي استخدمناه من أجل إظهار نبض الإنسان، من خلال النظر إلى تغيرات البكسلات الموافقة فقط لمعدل نبضات القلب بالدقيقة). ومن خلال تكبير هذه الترددات، أمكن مشاهدة مقطع الأنبوب وهو يهتز داخلا وخارجا مفصحا بذلك عن الحركات الفعلية التي تحدث.

وتشكل مراقبة تحطم كأس شراب تحت تأثير ضغط الصوت – وهي تهتز عند تردد عال – مثالا آخر على الفائدة المهمة لهذا الإظهار. فقد شاهدنا جميعنا أفلام هوليوود حين يصدح النديوي (السبرانو) بـ«نوطة» عالية، فتتحطم الزجاجات عندها. ولكن أحدا منا لم يشاهد قطّ التشوه الفعلي الحاصل للزجاج لأنه صغير للغاية **بالمطال**[٣] وسريع جدا في الوقت

(*) SMALL MOTIONS, BIG IMPLICATIONS
(١) sine wave
(٢) the phase of the wave
(٣) amplitude

نفسه، فقيم الترددات تتراوح عادة ما بين 300 و 500 Hz. لقد أردنا تبيان كيف ينحني زجاج الكأس إلى الداخل والخارج في **زمن حقيقي**[1].

ولتحقيق تلك الرغبة، استخدمنا خدعة قديمة استعرناها من ‹H. إدگرتون› [رائد «**الضوء الوماض** strobe-light» في **التصوير الفوتوغرافي إيقاف-حركة**[2]]. وقد أظهر أنه عند تسجيل حركة دورية سريعة من خلال الكشف القصير لكل إطار، فإن الحركة تتواصل لعدة أدوار بين الأطر فتبدو حركة المشهد أشد بطئا بكثير مما هي عليه الحال في الواقع. واستخدمنا آلة تصوير ڤيديو عادية لالتقاط رشقات سريعة من صور زجاج الكأس. وعندما كبرنا الڤيديو بواسطة مجهرنا للحركة، فالأثر الشبيه بالوميض مكننا من رؤية اهتزاز زجاج الكأس أمام أعيننا بمجرد تعرض الكأس لطرقة بنوطة معينة.

ويمكن لتحطم كؤوس الشراب أن يوقع الفوضى في حفل عشاء، لكننا نأمل بأن يكشف مجهر الحركة عن آثار أخرى أشد خطورة، كما في حالة الآلات الضخمة وذات الخطر الكامن عندما تبدأ بالتصدع. ويستطيع المجهر أن يلتقط حركات صغيرة قد تكون دلالة على انهيار ميكانيكي – وأن يجعلها بادية للعيان. وقد أظهرنا صحة هذا المبدأ من خلال ڤيديو عالي السرعة لسيارة في وضع «**الثبات**» idle الطبيعي. وبَيَّنَ الڤيديو العادي – تماما كما مَرّ معنا في تجربة الأنبوب – عدم وجود أي قطعة ميكانيكية تتحرك. وبعد ذلك، قمنا بترشيح الڤيديو عبر التركيز على اهتزازات المحرك عند تردد 22 Hz، ومن ثم إبطال جميع الترددات الأخرى. وأظهرت عملية تكبير التغيرات المرتشحة بمقدار 30 مرة اهتزاز عدد من مكونات المحرك للأمام والخلف. ولم تكن هذه ظاهرة غير طبيعية في المحرك، لكنها تبين بجلاء قدرة مجهر الحركة على التقاط مجالات ترددية محددة قد تكون مؤشرا على عرض ما، فضلا عن تكبيره لتغيرات صغيرة حتى نغدو قادرين على تمييزها بوضوح. وبذلك يعمل هذا الڤيديو على التوضيح والمساعدة على تشخيص سوء الأداء للقطع الميكانيكية في الآلات الدوارة أو الرجّاجة.

واستخدمنا مقاربة مماثلة لإظهار اهتزاز رافعة بناء عملاقة تحت تأثير الرياح. ومع أن مظهرها الساكن للمراقبين، فإن مجهر الحركة يُظهر انحناء هذه الرافعة. وهناك مجال طبيعي مسموح لتحرك مثل هذه الرافعات، وإذا تجاوزت الرافعة هذا المجال فسوف تتعرض للمتاعب. ونحن الآن في مرحلة استكشاف إمكانية مراقبة البنية مع عالمين من شركة Shell: ‹D. سميث› و ‹S. كابوستا›.

ونستطع أيضا أن «**نُهندس عكسيا**» reverse engineering هذا النهج. وباستخدام مجهر الحركة لتسليط الضوء على الاهتزازات الصغيرة جدا لأشياء من مثل أوراق النبات، تمكنا – مع كل من ‹وادهوا› و ‹A. دافيز› [من المعهد MIT] و ‹G. ميسور› [من شركة Adobe للأبحاث] – من إعادة تكوين نوع الصوت الذي أدى إلى اهتزازها أصلا. وإذا طبقت هذه الطريقة مثلا على المنحدر الإسمنتي عند نهاية خط باص، فربما أمكننا تحديد هوية مصادر الاهتزازات التي تعمل على إضعاف هذه البنية.

ويمكن أيضا استخدام مجهر الحركة لإظهار عدد من المشكلات في تدفق السوائل. لدى تحول الجريان الناعم والأملس للهواء أو الماء ضمن طبقتين متجاورتين إلى جريان **اضطرابي دوامي**[3]، فإن موجة غير مستقرة تتشكل عند التقاء الطبقتين المعنيتين. وعندما يتشكل هذا الاضطراب الدوامي حول آليات، تتراوح من السيارات إلى الطائرات والغواصات، فإن له آثارا كبيرة في سرعة تتحرك بها هذه الآليات. ومن هنا تنبع أهمية دراسة هذه الظاهرة. ولا يمكن رؤية الموجات في ڤيديو خال من المعالجة، ولكن تضخيم ترددات محددة من الحركة نحو 40 مرة باستخدام منظومة «مجهر الحركة» كفيل بإظهار مؤشرات موجة اللااستقرار للمشاهد.

قد نشعر بأن استخدام برمجية مجهر الحركة لتبيان اللامرئي شبيه بارتداء نظارات سحرية أو باكتساب مفاجئ لرؤيا الرجل الخارق. ومع ذلك، فالأمر ليس سحرا ولا حلما لمبدع كتاب هزلي؛ بل هو نتيجة لأبحاث أساسية في معالجة الڤيديو والتمثيل الرياضياتي للصور. فقد مكنت الطريقة العلماء من مشاهدة ظواهر كنا نعلمها بعقولنا من دون أن يتسنى لأحد أن يراها بأم عينه. وكما أن تلك الطريقة تستطيع مساعدة الناس – كما حدث للمجاهر الضوئية الأولى قبل قرون – على أن يتبينوا الأخطار التي تهدد الصحة والسلامة. إنها تجعلنا نشعر الآن وكأننا مستكشفون نعجب لعالم قائم من الظواهر التي كانت على الدوام محيطة بنا، خفية عن الإبصار المجرد. ■

(١) stop-motion photography
(٢) real time
(٣) turbulent

مراجع للاستزادة

Eulerian Video Magnification for Revealing Subtle Changes in the World. Hao-Yu Wu et al. in *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2012*, Vol. 31, No. 4, Article No. 65; July 2012. Preprint available at http://people.csail.mit.edu/mrub/vidmag

2012 International Science & Engineering Visualization Challenge. *Science*, Vol. 339, pages 518–519; February 1, 2013. www.sciencemag.org/content/339/6119/518.full

Videoscope. Quanta Research Institute. Upload your own videos to the motion microscope: https://videoscope.qrilab.com

Scientific American, January 2015

تتمة الصفحة 49 (الساعات في داخلنا)

المنخفض الدهــون فقط. ويبدو أن الفائدة ناجمة عن تنســيق محسن للدورات الاستقلابية في الكبد والنسج الأخرى.

ومن الطريف أن هذه التجارب على الفئران قد تهم أفرادا من البشــر يعانون **متلازمة تناول الطعام ليلا** night eating syndrome، وهو اختلال يســتهلك فيه الناس وفرة مفرطة من الوحــدات الحرارية ليــلا، ويصابون بالبدانــة أو بالمتلازمة الاســتقلابية أو بكلتيهما. ولعل منشــأ هذه الحالة يعود، في جزء منه، إلى خلل في **ضبـط التوقيت اليوماوي** circadian timing للجــوع، وهو **لاتزامــن** asynchrony يحتمل أن يعرض المرضى لزيادة الوزن وعدم انضباط عملياتهم الاستقلابية.

وحديثــا، أجريت على مجموعة أفــراد يتبعون نظام حمية غذائية، دراسة بإشــراف <M. كاروليت> [من جامعة Murcia الإســبانية] و <F. شــير> [من جامعة هارڤــارد الأمريكية]، خلصت إلى وجود صلة بين توقيت تناول الغداء ونجاح عملية إنقاص الوزن. فالأفراد الذيــن يتناولون غداءهم باكرا كانوا أميل إلى فقد وزن أكبر أثناء التزام الحمية من الذين يتناولونه متأخريــن. وتمس الحاجة الآن إلى إجــراء مزيد من البحوث الســريرية لمعرفة هل لمواقيت تناول الطعام تأثير في الإصابة بالبدانة وداء الســكري وما يتصل بهما؟ على أن نتائج كهذه من شــأنها أن تطرح احتمال صلاحية استراتيجيات التغذية اليوماوية لتكون في المســتقبل متممات جديــدة وغير دوائية لأنظمة الحمية **المتعارفة** standard.

طب يوماوي[*]

وتشير أبحاث أخرى أجريت على البشر إلى أن الدراسة المستفيضة لإيقاعات الناس اليوماوية قد تفضي يوما ما إلى رؤى أعمق في الاضطرابات الاستقلابية، ومن ثم إلى علاجات أنجع. فعلى سبيل المثال، أجرى <F. رونيبيرگ> وزملاؤه في جامعة لودڤيگ ماكسيميليان في ميونيخ دراساتٍ على أنماط النــوم لدى آلاف الناس من شــتى أنحاء العالــم، فخرجوا بتوصيف لشــكل شائع من **اختلال يوماوي مزمن**[١] أسموه **إرهــاق فـرق التوقيـت الاجتماعي**[٢]. ويتيــح هذا القياس، الــذي يمثل فرق التوقيت بين دورات النــوم المعتادة في أيام العمل (أو الدوام المدرســي) من الأسبوع وأوقات الفراغ من عطلة نهاية الأسبوع، تقديرا **كمّيّا** quantification للاضطراب الأسبوعي للســاعة الداخلية، الذي ربما يكون معادلا للسفر عبر ثلاث أو أربع مناطق زمنية مرتين في الأســبوع لشخص يســتيقظ عند الساعة السادســة صباحا أيام العمل ويبقى نائما حتى الســاعة التاســعة أو العاشرة صباحا أيام عطلة نهاية الأســبوع. وقد اكتشــف الباحثون صلــة إيجابية بين حجــم ما يســمى إرهاق فــرق التوقيــت الاجتماعي و**دليل كتلــة الجســم**[٣] body mass index؛ مما يوحي أن **اضطراب الدورات اليوماوية**[٤] يسهم في زيادة الوزن.

وإلى جانب التعمق أكثر فأكثر في تمثل الآليات التي تؤلف أساس الارتباط بين جينات الساعة والاضطرابات الاستقلابية، توصــل الباحثــون حديثا إلى نتائج مثيــرة تربط الإيقاعات اليوماوية بحالات مرضية كثيرة أخرى؛ فاكتشفت روابط بين الاضطراب اليوماوي واعتلالات القلــب والمعدة، إضافة إلى ضروب من الســرطان والأمراض العصبية والآفات التنكسية العصبية، والأمراض النفسية، وغيرها. وإن بعض الدراسات الثانوية تشــير إلى أن دورات النــوم المضطرب قد تكون في بعض الحالات عاملا مسببا لا نتيجة فقط لاكتئاب شديد عند الأفراد الذين لديهم اســتعداد فطــري للإصابة بهذا المرض. وبالمثــل، أظهرت تجارب أجريت على فئــران **ومرانب**[٥] على مدى الســنوات الخمس الماضية حالات مرضية تشبه إرهاق **فــرق التوقيــت المزمــن** chronic jet lag، تضعف القدرة على التعلم وتتلــف الذاكرة وتعطل **البنــى العصبونية** neuronal structures في مناطق محددة من الدماغ.

والإدراك العميق للوظيفة التي تؤديها ساعاتنا الداخلية في أجسادنا حري بإحداث نقلة نوعية في مضمار الطب. كذلك، فإن إدراك الوظيفة الأمثلية للساعة – مثلا، عندما يكون توليد الگلوكوز، فتحا وإغلاقا، في غضون أربع وعشــرين ســاعة أفضل ما يمكن – قد يبعث على اســتحداث ما نسميه **الطب اليوماوي**[٦]. وفــي اعتقادنا أن الأطباء القادرين على إدخال معلومات تتعلق بالإيقاعــات اليوماوية ودورات النوم واليقظة ســيكونون في وضع أفضل لتحســين واقــع الصحة ومنع حدوث المــرض وتحقيق الفائدة القصوى مــن أنواع العلاج التي يتطلبها مرضاهم. ■

(*) CIRCADIAN MEDICINE
(١) chronic circadian disruption
(٢) social jet lag
(٣) طريقة لقياس دهون الجسم لشخص ما.
(٤) circadian cycles
(٥) hamsters: مرانب وهي من القوارض أيضا.
(٦) circadian medicine

مراجع للاستزادة

Your Guide to Healthy Sleep. Revised by the National Heart, Lung, and Blood Institute. National Institutes of Health, August 2011. www.nhlbi.nih.gov/files/docs/public/sleep/healthy_sleep.pdf

Tick Tock: New Clues about Biological Clocks and Health. Emily Carlson et al. in *Inside Life Science*. National Institute of General Medical Sciences. Published online November 1, 2012.

Chronobiology and Obesity: Interactions between Circadian Rhythms and Energy Regulation. Keith C. Summa and Fred W. Turek in *Advances* in Nutrition, Vol. 5, No. 3, pages 312S–319S; May 2014.

Scientific American, February 2015

مجموعــاتٌ خاصــة وعامة من المتخصصين فــي مجال أمن المعلومــات، البرمجيــاتِ الضارة والثغــرات الأمنية من أجل إحداث نوع من **نظام حصانة موزع**[1].

ومع اتســاع الفضاء الإلكتروني، فإن مصنعي الســيارات، وشــركات الأجهزة الطبية ومقدمي **أنظمة التسلية المنزلية**[2] والأعمال التجارية الأخرى ســيكون عليهم الشروع في التفكير كما تفكر مؤسســات الأمن الإلكتروني. وهذا يتضمن دعم الأمن في عمليــة البحث والتطوير – والاســتثمار في أمــن المنتجات والخدمــات فــي مرحلة التصميــم وليس كفكرة تأتــي متأخرة أو اســتجابة لتعليمــات معينة أو لأوامر الحكومــة. وهنا أيضا يمكن لقراصنة الحاســوب أن يســاعدوا. فعلى ســبيل المثال، فــي عام 2013، أطلق خبيرا الأمــن <J. كورمان> و<N. بيركوكو> حركة سُــمّيت «أنا الفــارس»[3] I Am The Cavalry حثًّا فيها القراصنة على القيام بأبحاث أمنية من شأنها أن تشكل تغييرا فــي العالم، مع التركيز على المجالات الحيوية مثل البنى التحتية العامــة وصناعة الســيارات والأدوات الطبية والتقانات الأخرى المتعلقة بالاستخدامات المنزليـة. كما بوشـرت مبادرة أخـرى أجـراهــا البـاحثان البارزان في مجـال الأمـن <M. ستانيسلاڤ> و <Z. لانير> تحت مسمى «**لنُقِمْ الأمن**» BuildItSecure.ly، وتهدف إلى إحداث منصة لتطوير تطبيقات آمنة لإنترنت الأشياء.

وهناك أخبار ســارة هي أن نظام الحصانة الموزع يتنامى بسرعة. ففي الشهر 2015/1 أطلق گوگل برنامجا جديدا يكمل برنامجه «**مكافآت الأخطاء البرمجيــة**» bug bounty بتقديم منح لتشــجيع الباحثين الأمنيين على فحص وتفتيش منتجات الشركة. وهذا البرنامج هو بمثابة اعتراف بأنه حتى الشركات التي لديها أفضل المواهب التقانية في العالم أجمع، قد تستخدم وجهة نظر خارجية لقراصنة حاسوب ودودين. والأكثر من ذلك، فإن بعض الحكومات تحذو الحذو نفســه. فعلى سبيل المثال، أنشــأ **المركز الهولندي للأمن القومي الإلكتروني**[4]، برنامج كشف خاصا به يسمح للقراصنة بالإبلاغ عن الثغرات الأمنية من دون أن يتعرضوا لأعمال انتقامية قانونية.

وهناك أيضا أخبار غير سارة وهي أن بعض عناصر الأمن الإلكتروني التي تنفذها إدارة الرئيس الأمريكي <أوباما> من شأنها أن تُجرِّم فعليا الممارسات المتبعة والأدوات المستخدمة في الأبحاث المتداولة حول الثغرات الأمنية، مما يضعف نظام الحصانة قيد التطوير. فالكثيرون في مجتمع الأمن يخشــون من توســيع الإصدار الحالــي من **قانون الغــش والاعتداء الحاســوبي**[5] والتعديــلات المقترحــة على قانــون تعريف القرصنة إلى درجة أن مجــرد الضرب على رابط لموقع على الإنترنت يحتوي على معلومات جرى تســريبها أو ســرقتها، يعتبر بمثابة متاجرة ببضائع مســروقة. فتجريم العمل الذي يقوم به الباحثون الأمنيون المســتقلون من شأنه أن يلحق بنا الأذى جميعا ويكون له تأثير ضعيف في المجرمين بدافع الربح أو انطلاقا من آيدولوجيات معينة.

مسؤولية فردية[*]

ويمكن أن تتســم الســنوات القليلة القادمة بالارتباك؛ إذ ســنرى المزيد من اختراقات البيانات، كما ســنرى بالتأكيد مناقشات حادة حول مدى السيطرة على عالم التقانة الرقمية الذي ينبغي علينا التخلي عنه لصالح الحكومات مقابل الأمن. وفي الحقيقة، إن تحقيق أمن الفضاء الإلكتروني سوف يتطلب حلولا من مجالات متعددة: مجالات تقانية وقانونية واقتصادية وسياسية، وكذلك لنا دور نحن عامة الناس. فنحن كمستهلكين ينبغي علينا أن نطالب الشركات بأن تكون منتجاتها أكثر أمنا. كما أننا كمواطنين، يجب علينا أن نُحمِّل حكوماتنا المسؤولية عندما تُضعِف الأمن عن عمد، وفضلا عن ذلك، فنحن كأفراد معرضون أيضا لإخفاقات محتملة، فعلى عاتقنا تقع مسؤولية أمن الأشياء الخاصة بنا.

إن الدفاع عن أنفســنا يتطلب القيام بخطوات بسيطة مثل تحديث **برمجياتنا** our software واستخدام **متصفحات شبكة آمنة**[6]، إضافة إلى اســتعمال **عامل توثيــق ثنائي**[7] لبريدنا الإلكتروني وحســاباتنا على شــبكات التواصــل الاجتماعي. ولكــن ذلك يتطلــب أيضا أن ندرك أن كل جهــاز من أجهزتنا هو بمثابة نقطة اتصال[8] في نظام أوسع بكثير، وأن الخيارات القليلة التي نقوم بها قد تكون لها تأثيرات واســعة المدى. مرة أخرى، إن الأمن الإلكتروني ما هو إلا عملية مشــابهة للنظافة العامة؛ إذ عليك أن تغســل يديــك وأن تحصل على اللقاحات ضد الأمراض؛ وعندها يمكنك أن تتجنب انتشار المرض. ■

(*) INDIVIDUAL RESPONSIBILITY
(١) distributed immune system
(٢) Home-entertainment-system
(٣) الفرســان هي منظمة شــعبية عالمية تركــز على القضايا التــي يتقاطع فيها أمن الحاسوب مع السلامة العامة وحياة بشرية.
(٤) the Dutch National Cyber Security Center
(٥) the Computer Fraud and Abuse Act
(٦) secure Web browsers
(٧) enabling two-factor
(٨) أو: ارتباط.

مراجع للاستزادة

War and Anti-War: Survival at the Dawn of the 21st Century. Alvin and Heidi Toffler. Little, Brown, 1993.

A Fierce Domain: Conflict in Cyberspace, 1986 to 2012. Edited by Jason Healey. Cyber Conflict Studies Association, 2013.

Countdown to Zero Day: Stuxnet and the Launch of the World's First Digital Weapon. Kim Zetter. Crown, 2014.

TED's Who Are the Hackers? playlist: www.ted.com/playlists/10/ who_are_the_hackers

Scientific American, April 2015

مشكلة محيّرة لكوكب الأرض(*)

يعتمد مستقبلنا على قدرتنا على دمج (مكاملة) الطاقة والمياه والغذاء.

<M. E. ويبر>

في الشهر 2012/7 توقفت ثلاث من الشبكات الكهربائية الإقليمية في الهند عن العمل، محدِثة أكبر انقطاع للتيار الكهربائي شهده العالم. فأصبح أكثر من 620 مليون شخص - أي 9 في المئة من سكان العالم - **لا حَوْل لهم ولا قوة**[1]. والسبب هو تأزم في إنتاج الغذاء ناجم عن نقص في المياه. وبسبب حالة الجفاف الشديد، عمد المزارعون إلى تشغيل المزيد والمزيد من المضخات الكهربائية لاستجرار المياه الجوفية من أغوار أعمق فأعمق تحت سطح الأرض لأغراض الري. وكان من شأن تلك المضخات، التي تعمل بأقصى طاقتها تحت أشعة الشمس الحارقة، أن تزيد في الطلب الكهربائي على محطات توليد الطاقة. وفي الوقت نفسه، فإن تدني مستويات المياه يعني حكما أن ينخفض توليد السدود **الكهرمائية**[2] للكهرباء عن معدلاته الطبيعية.

ومما زاد الأمور سوءا أن **مياه الصرف السطحي** runoff من تلك المزارع التي روتها مياه الفيضانات في وقت سابق من السنة، قد خلَّفت أكواما من الطمي خلف السدود. وهذا ما أضعف القدرة الاستيعابية لخزانات السدود من المياه. وقد أدى ذلك فجأة إلى إغراق عدد كبير من الناس، يفوق عدد سكان أوروبا برمتها وضعفي عدد سكان الولايات المتحدة، في ظلام دامس.

وتواجه ولاية كاليفورنيا جملة مشابهة جدا من مشكلات الطاقة والمياه والغذاء؛ فانخفاض كثافة الثلوج، والهبوط القياسي غير المعهود لمعدلات هطول الأمطار، إضافة إلى أعمال التوسعة والتطوير الجارية حاليا في حوض نهر كولورادو[3]، هي عوامل أفضت إلى انخفاض مستوى مياه النهر في وسط كاليفورنيا بمقدار الثلث. ويذكر أن هذه الولاية تنتج نصف إجمالي محصول البلاد من الفواكه والمكسرات والخضراوات، ونحو ربع إنتاجها من الألبان. وينهمك المزارعون في ضخ المياه الجوفية ضخا يتجاوز كل الحدود؛ ففي الصيف الماضي ضخت بعض المناطق لأغراض الري من المياه ضعفي ما ضخته في العام الذي سبق. وواقع الحال اليوم يشير إلى أن الوادي الأوسط[4]، الذي يبلغ طوله 400 ميل، قد بدأ يغور فعلا من جراء استنضاب المياه الجوفية من تحته. وكما هي الحال عندما تمس الحاجة إلى مزيد من الطاقة، فقد اضطرت الشركة Southern California Edison لتوليد الطاقة إلى إغلاق اثنين من المفاعلات النووية الكبرى بسبب نقص مياه التبريد. أما مشروع سان دييگو لبناء محطة لتحلية المياه على امتداد الساحل، فقد أعاقه نشطاء اعترضوا على إقامة المنشأة بداعي أنها قد تستهلك طاقة كبيرة أعلى مما ينبغي.

ومن المعلوم أن الطاقة والمياه والغذاء هي الموارد الثلاثة الأكثر أهمية في العالم. ومع أن هذه الحقيقة مُسلَّم بها على نطاق واسع في أوساط رسم السياسات، يلاحظ أن تساند

(*) A PUZZLE FOR THE PLANET
(1) powerless
(2) hydroelectric: توليد الكهرباء بواسطة القوة المائية.
(3) the Colorado River basin
(4) the Central Valley
(التحرير)

باختصار

يحاول **العالم** تحسين إمدادات الطاقة والمياه والغذاء كلٍّ على حدة. لكن التحديات تحتاج إلى أن تُحلَّ بطريقة واحدة متكاملة. ولا شك في أن ذلك الاستشراف سيعود بالنفع أيضا على قضايا البيئة والفقر والنمو السكاني والمرض.

وقد يسهم **الحد من هدر الغذاء** في حفظ الطاقة والمياه. وبإمكان المزارع الداخلية أن تستعمل مياه الصرف الصحي للمدن في زراعة المحاصيل وإمداد المباني التي تضمُّها بالطاقة. كذلك، فإن إنتاج **الطحالب والأشنيات** algae بجوار محطات توليد الطاقة حرّي بأن يحول مياه الصرف الصحي والانبعاثات الكربونية إلى علف أو وقود حيوي. وتستطيع **العنفات الهوائية** wind turbines في الصحراء تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة. وإن وجود شبكة ذكية لتوزيع المياه يمكن أن يسهم في الاقتصاد في المياه والطاقة.

ويتعين على المخططين وواضعي سياسات **الطاقة والمياه والغذاء** التوقف عن التفرد بالعمل، واستنباط سياسة متكاملة وإيجاد حلول لواقع البنية الأساسية.

هــذه المــوارد، أي اعتماد أحدها على الآخــر، لا يحظى بما يســتحقه من التقدير، ومن ثم فإن ممارســة ضغوط على أي منها قــد يعطل البقية. وهذا الوضع بالــذات جعل مجتمعنا أكثر هشاشة مما نتصور، إذ إننا لسنا مهيئين بحال للتعامل مع الاحتمالات الكارثية التي تتربص بنا.

ومــع ذلك، فنحن ماضون في اتخاذ قرارات - مرة في كل جيل - تتصل بمحطات توليد الطاقة والبنية الأساســية للمياه والأراضي الزراعية، سوف تسري لعقود قادمة، ومن شأن هذه القرارات أن تقيدنا في نظام قاصر غير منيع. في حين أن سد احتياجــات العالم من الطاقة وحدها يتطلب 48 تريليون دولار من الاستثمارات منذ الآن وحتى عام 2035، وذلك طبقا لتقرير أصدرته **الوكالة الدولية للطاقــة**(١) عام 2014. وقد نبه المدير التنفيذي لهذه الوكالة إلى خطر حقيقي يتمثل بـ «إساءة توجيه الاستثمارات» بسبب عدم تقييم التداعيات تقييما صحيحا.

وتبرز حاجة ملحة إلى اعتمــاد مقاربة متكاملة لحل هذه القضايا الكبرى بدلا من محاولة حل كل مشــكلة بمعزل عن المشكلات الأخرى. فثمة عدد هائل من مراكز التجمع السكاني على كوكــب الأرض يضربها الجفــاف، وتصطدم منظومات الطاقة بالقيــود البيئية والتكاليف المرتفعة، في حين يســعى النظام الغذائي جاهدا إلى مواكبة التنامي السريع في الطلب على الغذاء. وتمثل السلســلة المترابطــة للغذاء والماء والطاقة خلفية لأكثر مناطق العالم اضطرابا. فأعمال الشغب والثورات في ليبيا وسوريا، مثلا، إنما أثارها الجفاف وارتفاع أسعار الغذاء، فسقطت بسبب ذلك حكومات. فنحن إذن بحاجة إلى حل هذه المعضلة المتشــابكة بغية تكوين مجتمع أكثر تكاملا ومرونة، ولكن من أين نبدأ؟

أخطار متتابعة أم مكافآت(*)

أشــار الخبير الراحل <E .R. ســمولي> [مــن جامعة رايس في هيوســتن بتكســاس، الحائز على جائزة نوبل] إلى حيث البداية، وذلــك في محاضرة ألقاها عام 2003، وســلط فيها الضوء على «أهم عشر مشــكلات تواجه البشرية على مدى السنوات الخمسين المقبلة». وقد أورد هذه المشكلات بترتيب تنازلي حســب الأهمية: الطاقة، الميــاه، الغذاء، البيئة، الفقر، الإرهاب، الحــرب، المرض، التعليم، الديمقراطية، الســكان. ويُلاحظ أن مشــكلات الطاقة والميــاه والغذاء احتلت صدارة القائمة، لأن حلها من شــأنه أن يكافح مشكلات أخرى تليها، على نحو متتابع. فعلى سبيل المثال، إن تطوير مصادر وفيرة من الطاقة النظيفة والموثوقة والمتاحة بأســعار معقولة سيتيح وفرة من المياه النظيفة؛ ووجود وفرة من المياه النظيفة والطاقة (لصناعــة الســماد وتغذيــة الجــرارات بالوقود) ســيتيح إنتاج الغذاء؛ وهكذا دواليك.



وبقــدر مــا كانــت قائمة <ســمولي> رائعــة، فقد غاب عنها أمران دقيقــان مهمان: أولهمــا، ترابــط العلاقة بين عناصر الطاقة والمياه والغذاء. والآخر، هو أنه إذا كانــت وفرة أحدها تتيح وفرة في البقية، فإن النقص في أحدها قد يحدث نقصا في البقية كذلك.

فبوجود طاقة غير محدودة، فإننا نمتلك كامل حاجتنا من المياه، لأن بإمكاننا تحلية مياه المحيطات وحفر آبار عميقة جدا ونقل المياه عبر القــارات. وبوجود كم غير محدود من المياه، فإننا نمتلك كامل حاجتنا من الطاقة، لأن بإمكاننا عندئذ بناء **محطات كهرمائية**(٢) لتوليد الطاقة على نطاق واســع، أو ري المحاصيل باستعمال غير محدود للطاقة. وبوجود غير محدود للطاقــة والمياه، يمكننا أن نجعل الصحارى تزهر وتزكو، وأن نبني **مزارع داخلية** indoor farms عالية الإنتاجية تنتج الغذاء على مدار العام.

إننا، بطبيعة الحال، لا نعيش في عالم غير محدود الموارد، بل في عالــم تحكمه القيود. ويتزايد احتمــال أن تؤدي هذه القيود إلى إخفاقات متتابعة مع ارتفاع الضغط الناشــئ عن النمو السكاني وزيادة متوسط الأعمار وتزايد الاستهلاك.

فبحيرة ميد(٣) مثلا، الواقعة في ظاهر مدينة لاس ڤيگاس، والتي يغذيها نهر كولورادو(٤)، تشــهد اليوم أدنى مســتوى لها في تاريخها؛ فالمدينة تســتجر مياه الشرب عبر ما يمكن تسميته **أنبوبي شفط** two straws ضخمين مغموسين في مياه البحيرة. فإذا اســتمر مستوى المياه بالهبوط، فإنه يخشى - في وقت ما - أن ينخفض إلى ما دون مستوى أنبوبي الشفط هذين: ومن ثم يحتمل أن تصبح مجتمعات زراعية كبرى تقع في أســفل مجرى النهر من دون ميــاه؛ ولربما انخفضت أو توقفت تماما الطاقةُ التي توفرها العنفات الكهرمائية الضخمة داخل ســد هوڤر(٥) على البحيرة. ويتمثل الحل الذي تقترحه لاس ڤيگاس بإنفاق نحو بليون دولار على إنشاء أنبوب شفط ثالــث يبرز إلى داخل البحيرة من أســفلها، ومن المحتمل ألا يكون ذا جدوى كبيرة. وقد وجد العلماء في مؤسسة سكريپس

(*) CASCADING RISKS OR REWARDS
(١) International Energy Agency
(٢) hydroelectric plants
(٣) Lake Mead
(٤) the Colorado River
(٥) the Hoover Dam



سجلت بحيرة ميد في ولايتي أريزونا ونيڤادا الأمريكيتين رقما قياسيا في تدني مستوى المياه في الشهر 2014/7، أنذر بالحد من تزويد مدينة لاس ڤيگاس بمياه الشرب، وري المزارع، وتوليد الطاقة من سد هوڤر.

لدراسة المحيطات[1] في La Jolla بكاليفورنيا أن بحيرة ميد يمكن أن تجف تماما بحلول عام 2021 إذا تبدل المناخ تبعا لما هو متوقع، وما لم تعمل المدن والمزارع التي تعتمد على نهر كولورادو على تقليص استجرارها للمياه.

وفي الأورغواي، يتعين على الساسة مجابهة قرارات صعبة تتصل بطريقة استعمال مياه الخزانات. ففي عام 2008 انخفض مستوى نهر أورغواي[٢] خلف سد سالتو العظيم[٣] إلى مستويات متدنية جدا، علما بأن طاقة توليده للكهرباء تقارب طاقة سد هوڤر، لكن ثلاثا فقط من العنفات الأربع عشرة كانت تعمل، نظرا لأن السكان المحليين كانوا يريدون تخزين المياه خلف السد لأغراض الزراعة أو الاستعمالات البلدية. ولذلك اضطر المواطنون على امتداد النهر وقادتهم السياسيون إلى أن يحددوا خيارهم: هل يريدون الكهرباء أم الغذاء أم مياه الشرب؟ وأحدثت القيود في أحد القطاعات قيودا في القطاعين الآخرين. وإذ خفت وطأة هذا التهديد مؤقتا في الأورغواي، فإنه ما برح يتكرر في أجزاء أخرى من العالم. وبالمثل، فإن بعض المجتمعات في ولايتي تكساس ونيو مكسيكو، اللتين حاق بهما الجفاف، قد حظرت أو قيدت - إلى عهد قريب - استعمال المياه في عمليات استخراج النفط والغاز بطريقة **التكسير**[٤]، وآثرت حفظها لأغراض الزراعة.

إن قرابة 80 في المئة من المياه التي نستهلكها تستعمل لأغراض الزراعة - أي لغذائنا، وزهاء 13 في المئة من إنتاج الطاقة تستعمل لجلب مياهنا وتنقيتها وتوزيعها وتسخينها وتبريدها والتخلص منها. كذلك، فإن الأسمدة المصنَّعة من الغاز الطبيعي، والمبيدات المصنعة من البترول ووقود الديزل المستعمل لتشغيل الجرارات والحصادات، من شأنها أن ترفع كمية الطاقة اللازمة لإنتاج الغذاء. وإن مصانع المواد الغذائية، التي تتطلب تبريدا ذا استهلاك عال من الطاقة، تنتج سلعا غذائية تغلف بمواد لدائنية (پلاستيكية) مصنعة من مواد پتروكيميائية، بل إن ثمة طاقة أكبر تستهلك للحصول على البقالة من المتاجر وطهوها في المنازل. إذن، فهذه السلسلة المترابطة هي مثار مشكلة عويصة، والنظام بأكمله عرضة للخلل في أي جزء منه.

حلول تقانية(*)

إن من غير الحكمة بناء المزيد من محطات الطاقة ومنشآت توزيع ومعالجة المياه باعتماد التصاميم القديمة نفسها، وزراعة المحاصيل بالأساليب القديمة ذاتها، واستخراج المزيد من النفط والغاز من دون إدراك أن هذه الممارسات يؤثر سلبا بعضها في بعض. ومن يمن الطالع حقا أن بالإمكان دمج هذه الفعاليات الثلاث جميعها في طرق مستدامة.

وأوضح التدابير وأقربها التقليل من النفايات. ففي الولايات المتحدة، ينتهي 25 في المئة أو أكثر من المواد الغذائية إلى مقالب النفايات. ولما كنا نستعمل كمّا هائلا من الطاقة والمياه في إنتاج الأغذية، فإن خفض نسبة النفايات يمكن أن يكون عامل اقتصاد في عدة موارد في آن معا. وقد يترتب على ذلك إجراء بسيط، كأن نقدم حصصا أصغر من الطعام على الموائد، وأن نتناول كميات أقل من اللحوم، التي هي أكثر استهلاكا للطاقة، بأربع مرات أكثر من الحبوب. وفي إمكاننا أيضا وضع الأغذية التي نزمع طرحها، والنفايات الزراعية كروث الحيوانات، في «**هاضمات**»[٥] **لاهوائية** anaerobic digesters تعمل على تحويلها إلى **غاز طبيعي** natural gas. وتبدو هذه الكرات المعدنية كفقاقيع لامعة. وتعمل الميكروبات داخل هذه الهاضمات على تفكيك المواد العضوية، منتجة في هذه العملية غاز الميثان. ولو أننا طبقنا هذه التقانة على نطاق واسع - في المنازل ومحلات البقالة والمواقع المركزية كالمزارع - لكان ذلك حريًا بأن يولد طاقة جديدة ومصادر دخل متجددة، وفي الوقت نفسه يخفض الطاقة والمياه اللازمتين لمعالجة النفايات.

ومياه الصرف الصحي هي منتج ثانوي آخر بإمكاننا تحويله إلى مورد. فعلى سبيل المثال، في مدينتي سان دييگو وسانتا كلارا بولاية كاليفورنيا، تستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة في سقاية الأراضي الزراعية. ويذكر أن المياه المعالجة هذه نقية إلى درجة تجعلها حتى صالحة

(*) TECHNICAL SOLUTIONS
(١) the Scripps Institution of Oceanography
(٢) the Uruguay River
(٣) the Salto Grande Dam
(٤) fracturing = fracking؛ أو: التشديخ.
(٥) digesters: أوعية خاصة مُحكمة الإغلاق.

(التحرير)

المؤلف

Michael E. Webber

<ويبر> نائب مدير معهد الطاقة في جامعة تكساس بمدينة أوستن. ويتناول كتابه القادم المعنون: التعطش إلى السلطة[1]، استخدام الطاقة والمياه في العالم الحديث، وستتولى نشره مطبعة جامعة ييل. وحسابه على موقع التويتر هو: Twitter@MichaelEWebber.

للشرب، ويمكن أن تعزز إمدادات مياه البلدية إذا سمحت بذلك قوانين الولاية.

لقد قام أنصار المزارع المدينية، من أمثال <D. ديسبوماير> [من جامعة كولومبيا] بتصميم **مزارع عمودية** vertical farms محتواة في ناطحات سحاب زجاجية. فعلى سبيل المثال، ينتج الناس في مدينة نيويورك بليون گالون من مياه الصرف الصحي يوميا. وتنفق المدينة مبالغ هائلة لتنقيتها بما يكفي لجعلها صالحة للطرح في نهر هدسن[2]. والحقيقة أن هذه المياه المنقّاة صالحة بدلا من ذلك لاستعمالها في سقي المحاصيل داخل مزرعة عمودية، لإنتاج الغذاء وتخفيض حاجة المزرعة إلى المياه العذبة في الوقت نفسه. وبدلا من حرق المواد الصلبة الناجمة عن معالجة النفايات السائلة، كما هي العادة، فإنه يمكن ترميدها[3] لإنتاج الكهرباء للمبنى الكبير، ومن ثم خفض حاجتها إلى الطاقة. ولما كان من المرغوب فيه أن تُزرع الأغذية الطازجة حيث يقيم ويعمل كثير من المستهلكين، فتقل الحاجة إلى شحنها إلى المستهلكين، وفي ذلك خفض في استهلاك الطاقة وخفض في انبعاثات غاز **ثنائي أكسيد الكربون** (CO_2).

وتحاول الشركات الناشئة استعمال مياه الصرف الصحي وغاز ثنائي أكسيد الكربون الناجم عن محطات توليد الطاقة في زراعة **الطحالب والأشنيات**[4] بالقرب منها؛ إذ سرعان ما تأكل الطحالب الغاز والماء. بعد ذلك تُجمع النباتات وتستعمل علفا للحيوانات و**وقودا حيويا** biofuel. وذلك كله في سياق تطبيق الأولوية الرابعة في قائمة <سمولي> - تحسين البيئة - عن طريق إزالة المركبات من الماء، وغاز ثنائي أكسيد الكربون من الجو.

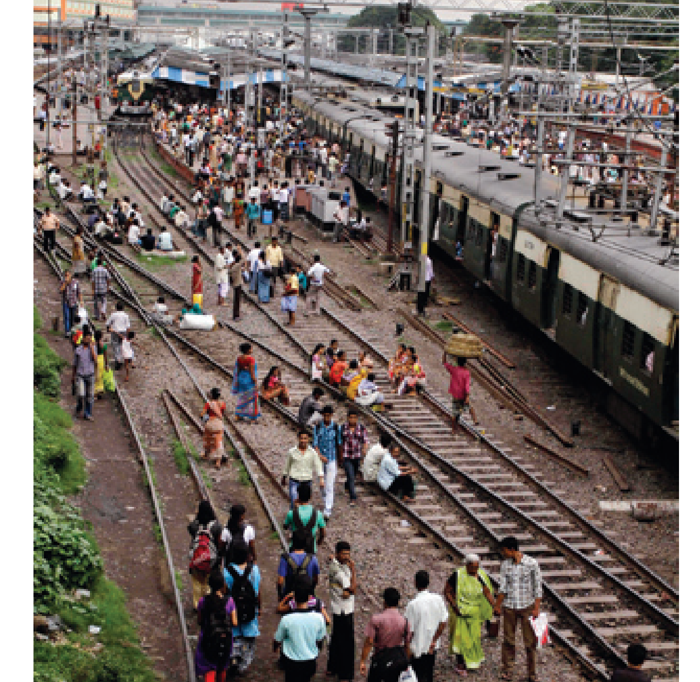
ويمكننا أيضا استغلال ثنائي أكسيد الكربون نفسه لإنتاج الطاقة؛ فقد تمكن زملائي في جامعة تكساس بأوستن من تصميم نظام يحقن فيه غاز ثنائي أكسيد الكربون المهمل، الناشئ عن محطات توليد الطاقة، في خزانات كبيرة للمياه المالحة عميقا تحت سطح الأرض، وبذلك يبقى الغاز مغمورا ومحجوبا عن الجو الخارجي، فيقوم بدفع غاز الميثان الحار، الذي يطفو إلى السطح، حيث يجمع ويباع لتوليد الطاقة. وقد يستفاد أيضا من الحرارة في الصناعة.

إن الصون الذكي يمثل طريقة أخرى للاقتصاد في الموارد المختلفة في آن واحد. فنحن نستعمل من المياه، عن طريق مفاتيح الإنارة والمنافذ الكهربائية، أكثر مما نستهلكه منها عن طريق الصنابير وأغراض الاستحمام، ذلك لأن ثمة حاجة إلى كميات كبيرة من المياه لتبريد محطات الطاقة التي هي بعيدة عن الأنظار وغائبة عن الأذهان. كذلك، فإننا نستعمل من الطاقة، لتسخين مياهنا ومعالجتها وضخها، أكثر مما نستعمله منها للإضاءة. وهكذا، فإن إطفاء الأنوار والأجهزة الكهربائية يوفر كميات هائلة من المياه؛ وإيقاف هدر المياه بدوره يوفر كميات كبيرة من الطاقة.

وفي وسعنا أيضا إعادة النظر في كيفية الاستثمار الأفضل للطاقة والمياه لزراعة المحاصيل الغذائية في أماكن غير ملائمة. ففي أجزاء من الجنوب الغربي الأمريكي الصحراوي تتوفر بكثرة المياه الجوفية المالحة على أعماق ضحلة، وهناك أيضا وفرة من الرياح والطاقة الشمسية. وتمثل مصادر الطاقة هذه تحديات لمرافق الخدمات العامة، لأن الشمس لا تسطع ليلا، والرياح تهب متقطعة. لكن هذا البرنامج الزمني يعد ملائما لتحلية المياه المالحة، إذ من السهل تخزين المياه النظيفة لاستعمالها لاحقا. ومن المعلوم أن تحلية مياه البحر عالية الاستهلاك للطاقة، لكن المياه الجوفية الملحة ليست بدرجة ملوحة مياه البحر. وتشير بحوثنا في جامعة تكساس بأوستن إلى أن طاقة الرياح المتقطعة أكثر جدوى اقتصادية عند استعمالها للحصول على المياه النظيفة من المياه الجوفية المالحة، منها عند استعمالها لتوليد الكهرباء. ويمكن بالطبع استعمال المياه المعالجة في ري المحاصيل الزراعية. وهذه بالضبط هي مواصفات السلسلة المترابطة التي تعمل لمصلحتنا.

وبطريقة التفكير نفسها، يمكن تحسين طريقة **التكسير الهيدروليكي**[5] hydraulic fracturing في استخراج النفط والغاز. على أن من الآثار الجانبية غير المشجعة أن النفايات الغازية - ومعظمها من غاز الميثان - المتصاعدة من البئر، تشتعل في الهواء بنور وهاج وواسع جدا بحيث يمكن معاينته ليلا من الفضاء. كذلك تنتج الآبار كميات كبيرة من المياه الملوثة - فملايين الگالونات من المياه العذبة التي تحقن في الآبار لأغراض التكسير تعود مثقلة بالأملاح والمواد الكيميائية. وبإمكان الخبراء الحاذقين القائمين على الآبار استعمال غاز الميثان لإمداد أجهزة **التقطير** distillers، وغيرها من الآلات

(١) "*Thirst for Power*"
(٢) the Hudson River
(٣) أي حرقها حتى تصير رمادا.
(٤) algae
(٥) تشديخ الطبقات الجوفية من الأرض بضخ سائل ذي ضغط عال جدا فيها. (التحرير)



تقطعت السبل بالركاب في مدينة كولكاتا Kolkata[1] بالهند، بعد انقطاع شامل للتيار الكهربائي عام 2012، كان سببه الأعداد الكبيرة من مضخات المياه التي كانت تعمل جاهدة لسقي المزارع أثناء فترة الجفاف.

المعتمدة على الحرارة، بالطاقة لتنقية المياه وجعلها قابلة **للاستعمال من جديد** reusable في الموقع ذاته. ومن شأن ذلك أن يقتصد في المياه العذبة، مع تجنب الطاقة المهدورة والانبعاثات الصادرة عن الشعلة.

ويمكننا أيضا أن نكون أكثر حكمة فيما يتعلق بكيفية إيصال المياه إلى المنازل والمؤسسات والمصانع. وتسهم **حساسات** sensors تدمج في الشبكات الذكية في جعل توزيع الكهرباء أكثر كفاءة. لكن منظومتنا المائية في الواقع هي أشد قصورا بكثير من منظومتنا الكهربائية. فأجهزة القياس (العدادات) المتقادمة التي انقضى عهد صلاحيتها غالبا ما تخفق في تسجيل القراءة الدقيقة لاستهلاك المياه. ويؤكد الخبراء أن شبكة الأنابيب العتيقة المستهلكة تسرب هدرا ما بين 10 و 40 في المئة من المياه المعالجة التي تتدفق خلالها. واستنادا إلى ذلك، فإن دمج **حساسات لاسلكية للبيانات**[2] في نظام توزيع المياه من شأنه أن يزود المرافق العامة بأدوات جديدة، سعيا إلى الحد من الارتشاحات والعوائد الضائعة. وغني عن القول، إن النظام المائي الذكي يساعد المستهلكين أيضا على إدارة استهلاكهم للمياه.

ونستطيع كذلك أن نحقق غذاء ذكيا. فمن أسباب هدر الكثير من المواد الغذائية اعتماد محلات البقالة والمطاعم وجمهور المستهلكين على تاريخ انتهاء صلاحية السلعة، وهو تقدير غير دقيق للدلالة على احتمال فساد الغذاء. ومن الملاحظ أن الغذاء لا يباع أو يستهلك بعد تاريخ انتهاء الصلاحية حتى ولو أنه ما زال في حالة جيدة، وتوفرت له شروط مراقبة درجة حرارته وحالته العامة. ولا شك في أن استعمال الحساسات لتقييم حالة الغذاء مباشرة قد ينطوي على حصافة أكبر. فمثلا، يمكننا استعمال أحبار خاصة على أغلفة الأغذية، يتغير لونها إذا ما تعرضت لدرجة حرارة خاطئة أو بدأت ميكروبات غير مستحبة بالنمو داخلها مشيرة إلى تلفها. ويمكننا تثبيت حساسات على **سلسلة الإمداد** supply chain لقياس **غازات نزرة** trace gases تطلقها الفواكه والخضراوات الفاسدة. وقد تفضي هذه الحساسات نفسها إلى قيود أشد تتعلق بالتبريد والحفظ، من شأنها أن تخفض الخسائر إلى أدنى حد.

تفكير في سياسات جديدة(*)

ومع وجود حلول تقانية كثيرة قد تُحسن السلسلة المترابطة المتمثلة بالطاقة-الماء-الغذاء، فإننا غالبا ما نخفق في استغلالها، لأن الولايات المتحدة، آيديولوجيا وسياسيا، لم تدرك تماما العلاقة التبادلية بين هذه المواد. ويعمل صُنّاع السياسات وأصحاب الأعمال والمهندسون عادة بطريقة منفردة على قضية واحدة أو أخرى.

ومما يؤسف له أننا نزيد المشكلات تفاقما عندما تنفرد مؤسسات، كلّ على حدة، باتخاذ قرارات رسم السياسات والإشراف والتمويل؛ فيفترض راسمو سياسة الطاقة أنهم سيحصلون على المياه التي يحتاجون إليها، ويفترض راسمو سياسة المياه أنهم سيحصلون على الطاقة التي يحتاجون إليها، في حين يدرك راسمو سياسة الغذاء مخاطر الجفاف، ولكن تجاوبهم عمليا يتمثل بضخ أقوى للمياه، وحفر أعمق طلبا لها. وإن أهم ابتكار يلزمنا اليوم هو التفكير الشمولي في مواردنا كلها.

ومن شأن هذا النمط من التفكير أن يؤدي إلى قرارات لسياسات أكثر ذكاء. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تمول السياسات فعاليات البحث العلمي في مجال تقانات الطاقة القليلة الاستعمال للمياه، وتقانات المياه القليلة الاستهلاك للطاقة، وتقنيات إنتاج الغذاء وخزنه ومراقبته، التي تحول دون وقوع خسائر أو مفقودات، وفي الوقت نفسه تختزل الطلب على الطاقة والمياه. ويشار إلى أن تحديد معايير للكفاءة تشمل جميع الموارد قد يؤدي إلى تحقيق غرضين في آن واحد. كذلك يمكن أن تكون القوانين الناظمة لعمليات البناء والتعمير أداة فعالة للحد من النفايات وتحسين الأداء. ومن الضروري أيضا أن يستلزم الترخيص لإقامة مواقع جديدة لتوليد الطاقة إجراء عمليات تقييم لمناطق وجود المياه، والعكس بالعكس.

(*) NEW POLICY THINKING
(1) كلكتا Calcutta سابقا.
(2) wireless data sensors
(التحرير)

ويستطيع صناع السياسات تقديم قروض مالية متجددة، أو استثمارات رأس مال مباشرة، أو مزايا ضريبية للمؤسسات التي تدمج هذه الأنماط من الحلول التقنية.

وقد كان من الإشارات اللافتة والمشجعة بيانٌ صدر عن 300 مندوب من 33 دولة، اجتمعوا لحضور «**نيكسوس 2014: مؤتمر المياه والغذاء والمناخ والطاقة**»[1]، الذي عقد في مدينة تشاپل هيل بولاية كارولينا الشمالية. ونص البيان – الذي لم يصغه ممثلون سياسيون فحسب، بل مشاركون من **البنك الدولي**[2] و**مجلس الأعمال العالمي للتنمية المستدامة**[3] – على أن «العالم منظومة واحدة معقدة»، وأنه «ينبغي السعي إلى إيجاد حلول وتدخلات في السياسات تعود بالفائدة على النظام ككل.»

وحسبما أشار <سمولي>، فإن الطاقة ربما تكون هي المحرك الدافع. وعلينا الاجتهاد في التفكير في استغلال قطاع الطاقة لحل عدة تحديات في وقت واحد. فالسياسات ذات وجهة النظر الأحادية بشأن خفض مستويات غاز ثنائي أكسيد الكربون في الجو، مثلا، قد تدفع بنا إلى خيارات كهربائية منخفضة الكربون وعالية استهلاك المياه جدا، مثل محطات الطاقة النووية، أو محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم بتقنية احتجاز الكربون.

وللمسؤولية الشخصية أيضا دور تؤديه. فالطلب على أنواع السَّلطات الطازجة على أطباق موائدنا في الشتاء، التي تجلب من أصقاع تبعد 5000 ميل، يولد نظامَ توزيع غذائياً واسع النطاق ومستنزفاً للطاقة. وخياراتنا الشخصية للحصول على المزيد من كل شيء كفيلة بأن تدفع بمواردنا إلى شفير الخطر. ولا جرم في أن رابطة الطاقة-الماء-الغذاء هي أكثر المشكلات التي تواجه كوكبنا الأرضي صعوبة وإرباكا. وقد أصاب الراحل <G. ميتشل> [مؤسس تقنية التكسير الهيدروليكي الحديثة وأحد دعاة الاستدامة] في قوله: «إذا كنا عاجزين عن حل المشكلة لسبعة بلايين من البشر اليوم، فماذا عسانا أن نفعل إذا وصل العدد غدا إلى تسعة بلايين؟» ■

(١) the Nexus 2014: Water, Food, Climate and Energy Conference
(٢) the World Bank
(٣) the World Business Council for Sustainable Development

مراجع للاستزادة

Liberation Power: What Do Women Need? Better Energy. Sheril R. Kirshenbaum and Michael E. Webber in Slate. Published online November 4, 2013.

The Ocean under Our Feet. Michael E. Webber in *Mechanical Engineering*, page 16; January 2014.

***Scientific American*, February 2015**

ملحق بالصفحة التالية

❶ نبذة عن المدرسة العربية للعلوم والتكنولوجيا

تأسست هذه المدرسة في دمشق عام 1978 بمبادرة من «معهد الكويت للأبحاث العلمية» وكلّ من مركز الدراسات والبحوث العلمية والمعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا في سوريا، وانضمت إليها لاحقاً جهات أخرى لتصبح الجهات المساهمة فيها ثماني جهات:

■ من **دولة الكويت**:
– مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
– معهد الكويت للأبحاث العلمية
– جامعة الكويت

■ من **سوريا**:
– مركز الدراسات والبحوث العلمية
– المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا
– هيئة الطاقة الذرية

■ من **لبنان**:
– المجلس الوطني للبحوث العلمية (عام 2000)
– الجامعة اللبنانية (عام 2001)

والهدف من إقامة هذا المشروع الطموح هو تسخير العلم والتقانة من أجل التنمية المستدامة عموماً وفي الدول الأعضاء في المدرسة بشكل خاص.

ولذا، تسعى المدرسة إلى توفير ملتقى علمي متقدم لتأهيل وتدريب قاعدة واسعة من العلميين والخبراء والمهندسين والفنيين العرب، وذلك من خلال استقطاب علماء وخبراء دوليين للمساهمة في برامجها وحلقاتها العلمية. وهذه الحلقات تعقد بشكل عام مرتين في السنة، لتواكب التطورات المتسارعة في العلوم والتقانة. وكان عنوان الحلقة الأولى للمدرسة: «إلكترونيات الجسم الصلب» وعقدت في صيف عام 1978 بمنتجع بلودان. وقد تجاوز عدد الندوات والحلقات وورشات العمل التي أقامتها المدرسة العربية 80 مناسبة عقُدت في كلّ من سوريا والكويت ولبنان وأخرى عقدت إحداها في البحرين بالتعاون مع جامعة الخليج العربي وثانية في جامعة قطر وثالثة في مصر بالتعاون مع أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجي.

ومن إسهامات المرحوم الدكتور عبدالله واثق شهيد (سوريا) المشاركة مع الدكتور علي الشملان والدكتور عدنان شهاب الدين (الكويت) في الإشراف على تأسيس المدرسة ورعايتها خلال مسيرتها الرائدة الطويلة، التي أقيمت أمانتها في دمشق بمركز الدراسات والبحوث العلمية. وقد غدت المدرسة صرحاً علمياً راسخاً خلال ما يربو على ثلاثين عاماً. ونأمل بأن تستعيد المدرسة حيويتها قريباً لتحقق الطموحات التي كانت معقودة عليها قبل نحو أربعة عقود.

❷ كُلف المرحوم الدكتور واثق شهيد برئاسة اللجنة الإدارية العليا التي تجتمع دوريا لمراجعة مشروع إعداد استراتيجية تطوير العلوم والتقانة في الوطن العربي. وكان قوام هذه اللجنة كبار مدراء مؤسسات البحث العربية والمختصين العرب في مجال السياسات واستراتيجيات العلوم والتقانة. وقد امتد العمل في المشروع لعدة سنوات؛ وتم تلخيص نتائج الدراسات التي أعدت فيه في كتاب شامل صدر عام 1989.



الأستاذ الدكتور

عبدالله واثق شهيد

في ذمة الله

2015 - 1922

بخالص العزاء وعظيم المواساة تنعى «**مجلة العلوم**» فقيد أمتنا الكبير **الأستاذ الدكتور عبدالله واثق شهيد**، الذي وافته المنية في دمشق في **2015/8/14**.

قد لا تفي هذه الكلمة الراحل حقَّه في ذكر إنجازاته المتعددة، خاصة في مجال تأسيس وبناء الصروح العلمية التي بناها أو أسهم في بنائها. ولعل زملاءه وأصحابه الذين عاصروه لم يكونوا مبالغين في وصفه بالمُؤسِّس والباني. ففي أيام الجمهورية العربية المتحدة، كان من مُؤسسي فرع دمشق **للمجلس الأعلى للعلوم**، الذي كان قائما في القاهرة حينئذ، وذلك بهدف جمع علماء البلاد كي يشاركوا في إجراء بحوث علمية أصيلة تخدم متطلبات التنمية المستدامة فيها. وقد أصبح ذلك الفرع فيما بعد المجلس الأعلى للعلوم في الجمهورية العربية السورية. وشارك الراحل في إعداد دراسة قُدِّمت إلى ذلك المجلس بعنوان «**الخطة العلمية للإقليم الشمالي**» لعام **1959**، وفي التحضير لأسابيع العلم التي أصبحت حدثا سنويا في سوريا وجعلت من المجلس منبرا لإحياء تراث أمتنا العلمي. وقد تَجلّى التقدير لأعماله في المجال العلمي بتكليفه بتأسيس **وزارة التعليم العالي** في سوريا عام **1966**، وبذلك كان أول **وزير للتعليم العالي** فيها. وقد مكَّنه ذلك من وضع أسس متينة للعلاقة بين الوزارة الناشئة والجامعات السورية، ومن إعادة النظر في المستويات التدريسية في الجامعات بحيث تتطابق مع متطلبات العصر.

وبناء على خلفيته الثقافية العلمية الغنيّة، التي نهلها أولا على أيدي أساتذته الكبار في الجامعة السورية، وفيما بعد من أنشطته العلمية أثناء تحضيره للدكتوراه في العلوم الفيزيائية بجامعة باريس عام **1957** [حيث كانت أطروحته حول «**المُسرِّعات الخطية**» التي تسمح بدراسة تركيب بنيان المادة في أعمق أغوارها]، واستنادا إلى ما تميز به عمله في تأسيس **وزارة التعليم العالي**، فقد كُلِّف بإنشاء **مركز الدراسات والبحوث العلمية** في سوريا عام **1971**، وهو المركز الذي احتضن وجلب أرفع أنواع البحوث العلمية والتقانية المختلفة إلى سوريا، خاصة من خلال موفديه إلى مختلف البلدان المتقدمة الذين عادوا إلى وطنهم حاملين أعلى الشهادات التخصصية.

ومثلت مرتكزات التكنولوجيا الأساسية الثلاثة، وهي: البحث والتطوير، والصناعة، والتعليم؛ الهاجس المُهيمن على فكر الراحل الكبير. فرفد مركز الدراسات والبحوث العلمية بمؤسسة صناعية كبيرة ساهمت في الصناعات الوطنية السورية، **وبالمعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية** الذي تبنَّى أوائل خريجي الشهادة الثانوية في البلاد لتخريجهم مهندسين من الطراز الأول، ومن ثم تأهيلهم، من خلال برامج الإيفاد إلى الدول المتقدمة لتحضير شهادات عالية.

ومن الصروح العلمية الكبيرة التي شارك الراحل في تأسيسها **المدرسة العربية للعلوم والتكنولوجيا**(١) في دمشق عام **1978**، وذلك استجابة لمبادرة من **معهد الكويت للأبحاث العلمية**. وكانت له مبادراته الشخصية في إقامة عدة مشاريع متقدمة للتعاون العلمي والتقاني مع الجزائر، وذلك علاوة على دراسات أشرف عليها لصالح **المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (الألكسو)**(٢).

وفي عام **1988**، انتُخب الدكتور واثق شهيد **عضوا عاملا في مجمع اللغة العربية بدمشق**. وفي عام **1996**، وبعد ما يزيد على ربع قرن من توليه إدارة مركز الدراسات والبحوث العلمية، أصبح **الأمين العام للمجمع**، وبقي في ذلك الموقع حتى عام **2008**. وقد كان للراحل الكبير الدور الرئيسي في إقامة مشروع **توحيد المصطلحات العلمية التدريسية في الجامعات السورية**. ففي إطار هذا المشروع، جُمعت مسارد جميع الكتب التدريسية في العلوم المعتمدة في سوريا، وشكَّل المجمع لجانا متخصصة للنظر في توحيد تلك المصطلحات. وفي ذلك الإطار، نشر المجمع قبل بضعة شهور مُعجَمَين علميين حديثين لمصطلحات الفيزياء والكيمياء وضعتهما لجنتان رأسهما الراحل منذ عام **2008**. لقد ضم الراحل جهوده إلى جهودِ زملائه في مجمع اللغة العربية ضمن خطة تحديثية للغتنا تمكنها من احتضان العلم والتكنولوجيا بنفس قدر احتضانها للفكر والأدب الرفيعين.

لقد تمتع المرحوم الدكتور واثق بحضور بارز، وحظي باحترام كبير. وقد كان يحترم الخلاف والاختلاف، وكان يُقنع ويقتنع من خلال الحوار المنفتح، ويعالج القضايا بصبر وأناة وحكمة، ويحرص دائما على تحقيق العدل والإنصاف بين العاملين معه.

رحم الله أبا زياد. وخلود الإنسان لا يكون بجسده، بل بأعماله وإنجازاته، ونصيبك يا واثق من ذلك كثير.

---

(١) نبذة عن هذه المدرسة (العمود المؤطر في الصفحة 77).

(٢) بعض تفاصيل هذه الدراسات (العمود المؤطر في الصفحة 77).

Majallat AlOloom



Editor In Chief
Adnan Hamoui

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF: Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR: Ricki L. Rusting
CHIEF NEWS EDITOR: Philip M. Yam
SEnIor writeR: Gary Stix
EDITORS: Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong
CONTRIBUTING EDITORS: Mark Alpert, Steven Ashley, Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie, Michael Shermer, Sarah Simpson

ASSOCIATE EDITORS, ONLINE: David Biello, Larry Greenemeier
NEWS REPORTER, ONLINE: John Matson
ART DIRECTOR, ONLINE: Ryan Reid

ART DIRECTOR: Edward Bell
ASSISTANT ART DIRECTOR: Jen Christiansen
PHOTOGRAPHY EDITOR: Monica Bradley

COPY DIRECTOR: Maria-Christina Keller

EDITORIAL ADMINISTRATOR: Avonelle Wing
SENIOR SECRETARY: Maya Harty

COPY AND PRODUCTION, NATURE PUBLISHING GROUP:
SENIOR COPY EDITOR, NPG: Daniel C. Schlenoff
COPY EDITOR, NPG: Michael Battaglia
EDITORIAL ASSISTANT, NPG: Ann Chin
MANAGING PRODUCTION EDITOR, NPG: Richard Hunt
SENIOR PRODUCTION EDITOR, NPG: Michelle Wright

PRODUCTION MANAGER: Christina Hippeli
ADVERTISING PRODUCTION MANAGER: Carl Cherebin
PREPRESS AND QUALITY MANAGER: Silvia De Santis
CUSTOM PUBLISHING MANAGER: Madelyn Keyes-Milch

PRESIDENT: Steven Inchcoombe
VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION: Frances Newburg

VICE PRESIDENT, FINANCE AND BUSINESS DEVELOPMENT: Michael Florek
BUSINESS MANAGER: Marie Maher

Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag

Majallat AlOloom July / August - 2015 Volume 31 Number 7/8 SCIENTIFIC AMERICAN



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي(*)

Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences (KFAS)

تُجدد اتفاقيتها الموقعة عام 1983 مع

مركز **عبدالسلام** الدولي للفيزياء النظرية
تريستا (إيطاليا)



The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP)(**)
Trieste - Italy

بدعـم مالي سـنوي قدره مئة ألــف يورو، تم تجديد هذه الاتفاقية لمتابعة إسـهامات المؤسسة في دعمها مشاركة الباحثين العلميين العرب بدولة الكويت والدول العربية الأخرى في أنشطة المركز العلمية التالية:

1- Post-doctoral Fellowship :
زمالة البحث هذه، مدتها سـنة وتمنح لباحث عربي شـاب، يعمل في دولة الكويـت وحصل حديثا على الدكتوراه في أحد مجالات تخصص المركز ICTP.

2- Diploma Students Programme :
مِنَـحٌ سـنوية لثلاثة طلبة عرب للمشـاركة في ICTP Postgraduate Programme.

3- Abdus Salam Lectureship :
سلسـلة محاضرات سنوية مدتها أسـبوع يلقيها باحـث علمي معـروف عالميا، ويعـرض فيها أهم التطورات العلمية الحديثة.

4- Supporting Scientists from Arab Countries to participate in the activities announced in ICTP's Scientific Calendar:
دعـم زيـارة المركـز ICTP من قبـل الباحثين العلميـين فـي الوطـن العربي للمشـاركة في الأنشـطة العلمية لهذا المركز والمعلن عنها في أجندته العلمية.

لمزيد من المعلومات حول هذه الاتفاقية يرجى الاتصال بالمؤسسة **KFAS** أو بالمركز **ICTP**.

(*) ص.ب 36252 الصفاة 31131 الكويت
هاتف: 41407222 (+569)
فاكس: 11407222(+965)
wk.gro.safk@pio:liam-E
gro.safk.www

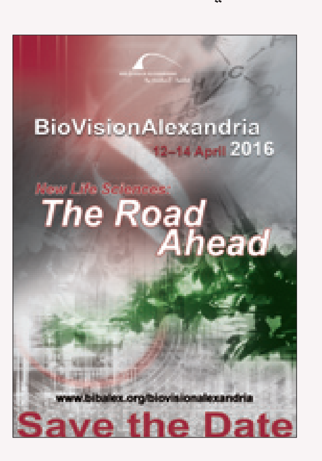
(**)ylatI ,etseirT 41043 ,11areitsoC adartS
Tel. +39 040 2240 111; Fax +39 040 224 163
ti.ptci.www ,ti.ptci@ofni_ics



تنظم مكتبة الإسكندرية
المؤتمر الدولي

بيوفيجن الإسكندرية 2016

في الفترة 12-14 / 04 / 2016
في دورته الثامنة



يقام المؤتمر تحت شعار
علوم حياتية جديدة:

الطريق إلى الأمام

ويهدف إلى دعم الحوار البنّاء بين الأطراف المعنيّة بتطوير العلوم الحياتية واستكشاف مجالات جديدة في علوم الحياة خدمة للبشـرية. وسـوف يتم تنـاول الموضوعات المطروحة من قبل كبار المختصين فيها. وسـيقام على هامش المؤتمر المعرضُ:

BioFair@BioVisionAlexandria 2016

الـذي يوفـر فرصاً لعـرض منتجات وخدمات المشـاركين. ويمكن للباحثين الشباب عرض أبحاثهم ومشروعاتهم على ملصقات علمية.

وفي اليومين السابقين للمؤتمر تُنَظم الفعالية TWAS/BVA.Nxt مع «**أكاديمية العالم للعلوم للدول النامية**» TWAS، ويمكن للمشـاركين في هـذه الفعالية حضور المؤتمر «بيوفيجن الإسكندرية» وعرض أبحاثهم في جلسـة الملصقات العلمية لهذا المؤتمر.

لمزيد من المعلومات والتسجيل، يرجى زيارة الموقع: http://www.bibalex.org/bva2016/home/home.aspx



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي(*)

أسماء الفائزين بجائزة الكويت لعام 2015

أعلنت **مؤسسـة الكويت للتقدم العلمي** أسـماء الفائزين بجائزة الكويت لعام 2015 المخصصة للباحثين العرب في مجالاتها الأربعة التالية:

1 العلوم الأساسية (العلوم الطبية):

أ. د. **هدى فاخر عاقل** (سورية الجنسية) من مواليد عام 1945 وحصلت على الدكتوراه في مجال **علم النفس البيولوجي** عام 1972 من جامعة كاليفورنيا الأمريكية، وتعمل حاليا أستاذا **لعلم الأعصاب والطب النفسي** و أ. د. هدى هي مدير معهد **علم الأعصاب الجزيئي والسلوكي** في جامعة ميتشيگان الأمريكية.

2 العلوم التطبيقية (المياه):

أ. د. **هشام محمد عواد التوني** (مصري الجنسية) مـن مواليد عام 1952 وحصل على الدكتوراه في الهندسة الكيميائية من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيـا بالولايـات المتحـدة، ويعمل حاليا أسـتاذا للهندسـة الكيميائية بجامعـة الكويت ويعد أ. د. هشام رائدا وخبيرا دوليا في عمليات تحلية مياه البحر، وهو أيضا خبير بطرق أخرى للتحلية، كالتناضح العكسي والفلترة الدقيقة.

3 العلوم الاقتصادية والاجتماعية (العلوم الاجتماعية):

أ. د. **ساري عبدالرحمن حنفي** (فلسطيني الجنسية) من مواليد عام 1962، وحصل على الدكتوراه في علم الاجتماع عام 1994 من مدرسة الدراسات العليا بباريس، ويعمل حاليا رئيسـا لقسم علم الاجتماع بالجامعـة الأمريكية في بيروت. وقـد عالجت كتبه وكتاباته قضايا ومشـكلات اللاجئين الفلسطينيين في سوريا ولبنان وكذلك المشكلات المتعلقة بالإقصاء الاجتماعي في المنطقة العربية وإشـكالات «الربيع العربي». وفي هذا العام صدر للدكتور ساري عن **مركز دراسات الوحدة العربية** الكتابان بالعنوانين: «البحث العلمي ومجتمع المعرفة» و«مستقبل العلوم الاجتماعية في الوطن العربي».

4 الفنـون والآداب (دراسـات فـي اللغات الأجنبية وآدابها):

أ. د. **منى السعيد أحمد الهلالي بيكر** (مصرية الجنسية) من مواليد عام 1953، وحصلت على الدكتوراه فـي دراسـات الترجمة عـام 1999 مـن جامعة مانشستر للعلوم والتكنولوجيا في إنكلترا، وتعمل حاليا أسـتاذا فخريا في **مركز دراسات الترجمة والثقافات** بجامعة مانشستر البريطانية. واشتهرت بتأسيسها لنظرية جديدة للترجمة، كما أسهمت في تأصيل دراسات الترجمة العربية منهجيا ودوليا. و أ. د. منى هي محرر ومؤسس لمجلة «**الترجمة**».

(*) تلفون: 22270465 – فاكس: 22270462
البريد الإلكتروني prize@kfas.org.kw